Japan. Fisheries Agency
Technical Report of Fishing Boat

LIBRARY
BUR. OF COMM. FISH.
HON. BIOL. LAB.

昭和30年3月

漁船研究技報

第6号

TECHNICAL REPORT OF FISHING BOAT

No. 6

MARCH 1955

水産庁 生産部 漁船研究室
FISHING BOAT LABORATORY
PRODUCTION DIVISION
FISHERIES AGENCY

MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY
KASUMIGASEKI, CHIYODAKU, TOKYO, JAPAN

目　次

晴和丸の船型試験成績及び試運転成績……………………………………………
……………………………………………大津義徳、横山信立、小林　務（ 3 ）
積層梁曲材の強度試験……………………………………大津義徳、和田正三（ 15 ）
漁船機関のシリンダー等の摩耗について……………………………………………
…………………………清水三郎、草間喜代松、三浦喜晃、石渡　晃（ 27 ）
自記式網高さ計、G.R.展開計とそれらのトロール網に就いての実験給果
……………………………………………熊凝武晴、葉室親正、石井謙治（ 41 ）
海水中に於けるミリメーター波超音波伝波特性並びに魚群探知実験……
……………………………………………橋本富寿、西村　実、間庭愛信（ 93 ）
音響測深より求めた海底地形と海底実形との対比について………………
………………………………………………………………橋本富寿、西村　実（105）
魚群体の超音波反射損失と反射波の性賃……………橋本富寿、間庭愛信（113）
【附記】 前号までの掲載報告の目次……………………………………………（141）

Contents

Experimental Results of Model Test and Actual Ship's Trial of the "Seiwa-Maru"
…………Yoshinori Ōtsu, Nobuyuki Yokoyama, Tsutomu Kobayashi…(3)
Strength Test of Laminated Beam Knees……Yoshinori Ōtsu, Shōzō Wada…(15)
Wears of Cylinder etc. of Fishing Boat Engine—V…………
Saburō Shimizu, Kiyomatsu Kusama, Yoshiaki Miura, Akira Ishiwatari…(27)
Automatic Net-height Meter and Automatic Ground Rope Indicator for Trawler and Results of Experiment for these Apparatuses…………
…………Takeharu Kumagori, Chikamasa Hamuro, Kenji Ishii…(41)
Propagation Characteristics of High Frequency Ultrasonic in Sea Water…
…………Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura, Yoshinobu Maniwa…(93)
Reliability of Record for the Shape of Sea Bottom Obtained by Ultrasonic Echo-Sounder…………Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura…(105)
Ultrasonic Reflection Loss of Fish Shoal and Characteristics of the Reflected Wave…………Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa…(113)
[Appendix] Contents of the Preceding Reports…………(141)

第6號刊行に際して

漁船研究技報も漸く回を重ねて、こゝに第6号を刊行する運びとはなつた。顧れば、当研究室の制度が発足してからでも、既に6年の歳月を経過している。設立の当初に掲げられた理想を思い較べるならば、この間にかち得られた業績は、必ずしも大きいと自負し得る程のものではない。解決を要する問題の山積を想うとき、進展の速度の遅々たることに焦燥の念を覚えることすらあるのであるが、やはり「ローマは一日にして成らない」のである。ただ研究室の一同が誇りを以て云い得ることは、孰れの分野に於ても、夫々の成果が確実に一歩一歩積み上げられて発展して来たものであり、この間に一度の後退も混迷もなく前進して来たという一事であろう。

本報告に収録された個々の成果はよし小さいものであろうとも、その孰れもが夫々の分野に於て新しい解明の光を投じつゝあるものであることは確信を以ていえる所であり、例えば魚探機や底曳用諸計器の如く、既に実地に利用されて新生面を招きつゝあるものもある。これこそ研究室の効果が漸く具現されつつある証左として歓びたい所であるが、永い年月の間を殆ど経験のみに依存して来た漁業の世界には、科学的な究明をまつ多くの難問がなお山積している。しかもこれ等の多くは、船体、機関、計器の三部門が一体となつて始めて解決される性質のものである。正直なところ、設立の当初は各部門ともに当面の問題の処理に忙殺された嫌いがあり、各部門が有機的に結合した協同の研究はいま漸く始まつたばかりと云つて宜い。道は更に遠いのである。更に一層の努力を誓いたい。

漁船研究室の存在は多少なりとも漸く認識されつゝあるかに見えるのであるが、まだ世間一般には当研究室に**実験研究受託の制度**のあることが余り知られてないのではないかと思う。当研究室としては、勿論、新しい問題の探究に絶えず努力しているのではあるが、なおその足らざるを怖れている。実際面に携つている江湖諸賢よりの問題の提供を待望する所以である。乏しい資材と人員を擁する非力な現状を以てしては、千丈の堤を崩す蟻の努力に似たものがあるかも知れないが、蟻は蟻なりに、ひとつづゝでも重点的に解決することに努めたい。この機会に大方の御指導と御鞭韃を切にお願いする次第である。

昭和30年1月

水産庁生産部漁船研究室長　大津義徳

晴和丸の船型試験成績及び試運轉成績

大津義徳、横山信立、小林　務

概　　要

愛知県水産高等学校の鮪延縄漁船型漁業練習船「晴和丸」(42.25米×7.80米×4.00米 総噸数415噸）の試験水槽に於ける模型の曳航試験と、実船の試運転に於ける速力逓増試験並びに後進試験を実施し、之等の試験成績を述べると共に、両者の対比を行つている。尚、実船の試運転は当研究室及び日立造船株式会社技術研究所の共同試験として静岡県清水の三保造船所に於いて行い、その際の軸馬力の計測には、日立造船式磁歪型振り動力計を使用している。

試験成績は次の通りである。

船型試験成績

1. 満載状態は半載状態よりも排水量の増加の割合が可成大きいにも拘らず、有効馬力の増加量は、それに比較して極めて少い。
2. 軽荷状態では高速部分に於いて、艉トリムさせることに依つて有効馬力を利することが大きい。

試運転成績

1. 推進効率は主機の出力$\frac{3}{4}$～$\frac{4}{4}$では62～55％であり、従来の漁船の成績に比べて一般大型船舶に稍々近い値を示している。
2. その他の推進性能を示す諸係数も、これまでに実験した小型漁船に比較して、概して良好な値を示している。
3. 中間軸のトルクの変動は一般大型ヂーゼル船に比較して極めて大きい。特に後進試験時の中間軸トルクの変動は非常に大きい。

Experimental Results of Model Test and Actual Ship's Trial of the "Seiwa-maru"

Abstract

This report describes the results of model test and actual ship's trial of the "Seiwa-maru" (42.25 m × 7.80 m × 4.00 m, 415 GT), a tuna line fishing boat, and the analytical relation of them. The actual trial was carried out by the Miho Shipyard, Sizuoka prefecture, as a co-operative experiment by the Fishing Boat Laboratory, Fisheries Agency, and the Technical Laboratory of the Hitachi Shipbuilding Co., Osaka. And the Hitachi's magneto-striction type torsion meter was appli edfor measuring the torque of propelling shaft. The investigated results are as follows:

The results of model test:

(1) In the comparison of effective horse-power between full load and light load condition, EHP increase is far little compared with such great displacement change.

(2) In the high speed range at light load condition, it is advantageous to make the model trim by the stern for saving EHP.

The results of actual ship's trial:

(1) Propulsive coefficient ranges from 62% to 55% at the 3/4～4/4 rating power and comes rather close to those of large vessels in comparison with the results of smaller fishing boats which have ever been investigated.

(2) The other efficiencies which represent the propulsive character of ship, are also improved further than those of ever experimented boats.

(3) Comparing with the case of large diesel ships, the remarkable torsional fluctuation of the intermediate propelling shaft was recorded, especially in the running astern test.

項　目

1. 船型試験成績
2. 試運転成績
    (1) 試験力法
    (2) 漁船用磁歪式振り動力計
    (3) 試験成績
        a. 速力逓増試験成績
        b. トルク変動率について
        c. 後進試験成績

はしがき

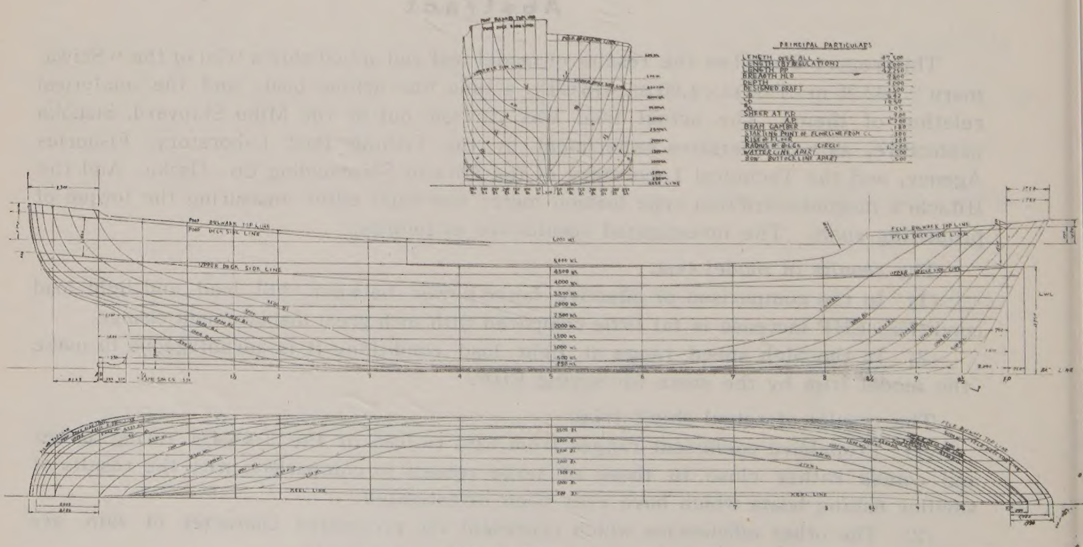
当研究室に於ては、今日までに漁研四型振り動力計（機械式）及び漁研二型振り動力計（光学式）を使用して、4船の試運転時の軸馬力を計測した。之等の試験によつて小型漁船の推進性能は一般大型船舶に比較して著しく劣つているが、大型になるに従つて稍々良好になる傾向のあることを知つた。

尚、当研究室に於ては、さきに漁船用振り動力計の一つとして、磁歪式動力計を一型と名付けて試作したが、試験の結果不備な点が種々続出したので、更に改良型を製作して目下研究中であり、まだ実船の馬力を計測するまでに到つてない。他方、日立造船株式会社技術研究所に於ては、大型商船の軸馬力計測に磁歪式振り動力計を使用して好結果を挙げているので、今回「晴和丸」の試運転を機会に同研究所の御好意を得て共同実験を計画したところ、同研究所では特にこのために漁船用動力計を製作され試運転に際しても軸馬力の計測に多大の協力を与えられて、漁船としては磁歪式動力計による始めての測定に充分な成果を挙げることが出来た。

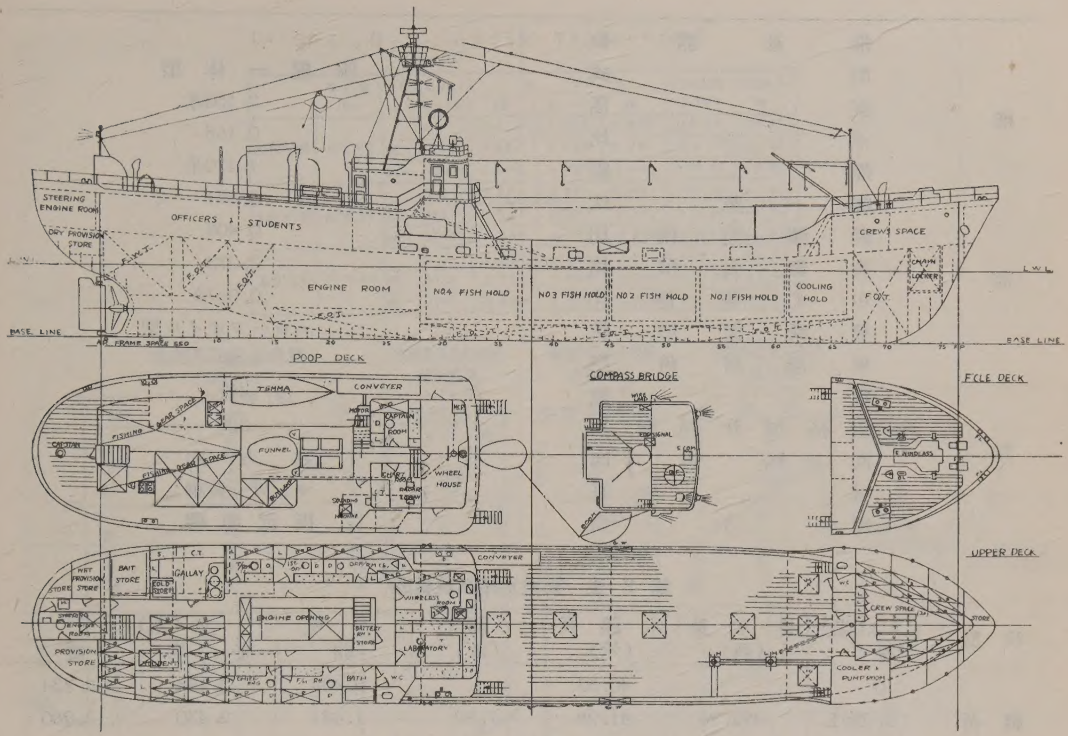
茲に試運転成績を紹介し、併せて当室の水槽に於て実施した模型曳行試験の成績について述べ、両者の対比を試みたいと思う。

1. 船型試験成績

本船は鮪延縄漁船型の愛知県水産高等学校漁業練習船で、その線図及び一般配置図は夫々第1図及び第2図に示す通りで、主要目は第1表の通りである。



第 1 図


STEERING ENGINE ROOM
DRY PROVISION STORE
OFFICERS
STUDENTS
ENGINE ROOM
F.W.T.
F.O.T.
NO.4 FISH HOLD
NO.3 FISH HOLD
NO.2 FISH HOLD
NO.1 FISH HOLD
COOLING HOLD
CREW SPACE
CHAIN LOCKER
F.O.T.
L.W.L.
BASE LINE
AP
FRAME SPACE 650
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
FP
BASE LINE
POOP DECK
CONVEYER
CAPSTAN
FISHING GEAR SPACE
FUNNEL
CAPTAIN ROOM
CHART ROOM
RADAR
WHEEL HOUSE
COMPASS BRIDGE
FCLE DECK
WINDLASS
UPPER DECK
WET PROVISION STORE
BAIT STORE
COLD STORE
GALLAY
PROVISION STORE
ENGINE OPENING
BATTERY RM & STORE
WIRELESS ROOM
LABORATORY
BATH
WC
CONVEYER
CREW SPACE
STORE
COOLER & PUMP ROOM

第 2 図

第 1 表　主要目

船主				愛知県水産高等学校
船種				鋼製汽船第三種漁船
船体部		長さ	L	(漁船法ニヨル)　43.000米
		幅(型)	B	(　〃　)　7.800米
		深(型)	D	(　〃　)　4.000米
		L/B		5.51
		L/D		10.75
	計画満載状態	吃水(型)		3.405米
		方形肥瘠係数		0.635
		柱形肥瘠係数		0.677
		中央横截面係数		0.937
		総噸数		約　415　噸
		造船所		株式会社　三保造船所
機関部	主機	台数		1　基
		型式		4サイクル単働ディーゼル機関排気タービン過給機付
		定格出力		900　BHP
		定格毎分回転数		320　RPM
		製造所		株式会社　新潟鉄工所
		其の他		過給機ナピアー製　T.S.　300
		機関部位置		船尾

推進器	推進器数	1
	型式	四翼一体型
	直径	2.150米
	ボス比	0.168
	螺距	1.270米
	螺距比	0.591
	展開面積比	0.408
	投影面積比	0.373
	中心翼厚比	0.0472
	翼断面形状	エローフオイル型
	翼傾斜角度	12度
	翼数	4枚
	定格毎分回転数	320
	回転方向	右方向
	材質	マンガン黄銅
	製造所	板沢漁機

第2表　模型水槽試験状態

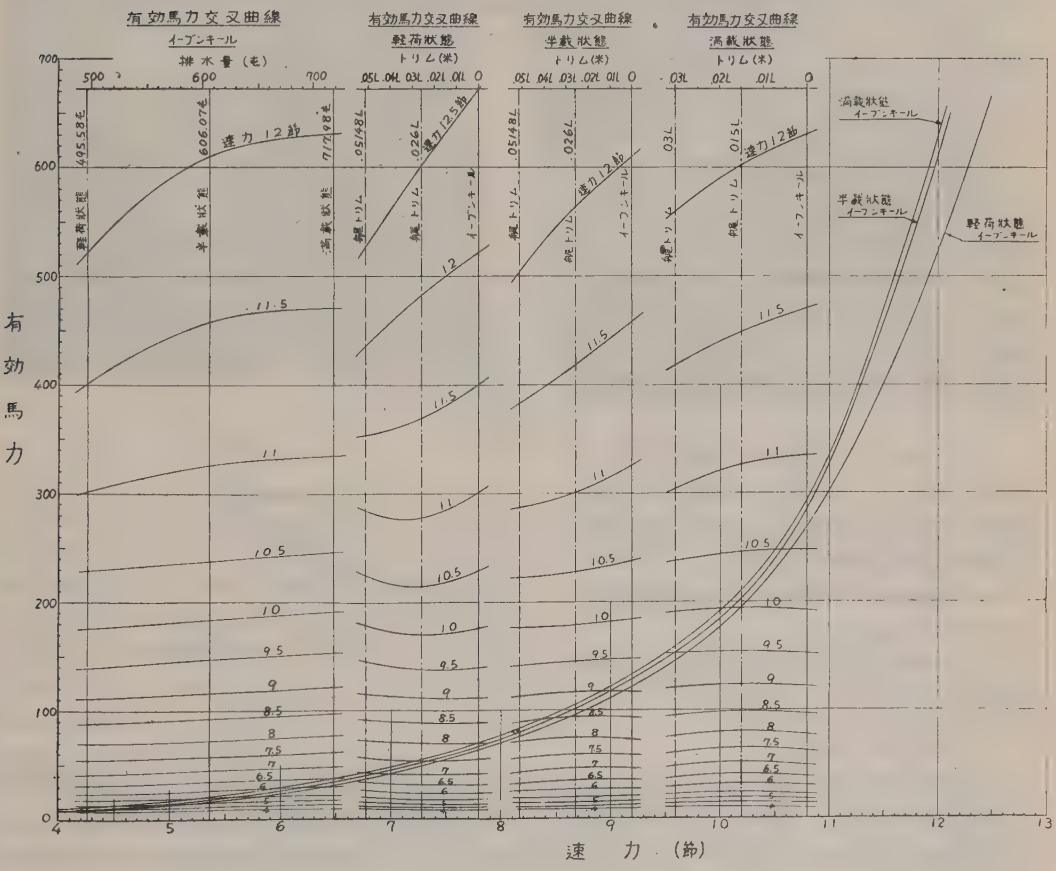
状態	トリム(米) *艉へ	排水量 (瓲)	水線長 (米)	幅 (米)	吃水(米)		
					艏	平均	艉
軽荷	0	495.98	40.53	7.82	2.434	2.434	2.434
	0.026L		41.28		1.881	2.430	2.980
	0.051L		42.66		1.300	2.387	3.475
半載	0	606.07	41.40	7.82	2.851	2.851	2.851
	0.026L		42.78		2.261	2.811	3.360
	0.051L		43.47		1.704	2.792	3.879
満載	0	717.98	42.93	7.82	3.252	3.252	3.252
	0.015L		43.49		2.927	3.244	3.561
	0.030L		43.81		2.601	3.185	3.868

浸水面積 (平方米)	方形肥瘠係数	柱形肥瘠係数	中央横截面係数	浮心 (%)	巾/吃水	長/巾	排水容積長比
367.58	.628	.678	.927	—2.61	3.18	5.18	7.27
375.10	.611	.665	.927	0.94	3.17	5.29	6.88
378.01	.605	.655	.926	4.95	3.23	5.46	6.23
397.65	.641	.686	.935	—2.01	2.71	5.30	8.34
411.49	.628	.673	.932	1.09	2.74	5.48	7.56
418.74	.623	.665	.937	4.82	2.77	5.57	7.20
458.57	.643	.680	.945	—1.24	2.38	5.49	8.85
453.25	.637	.674	.945	0.49	2.38	5.57	8.46
450.62	.643	.680	.944	1.46	2.42	5.61	8.28

* Lは垂線間長で42.25米である。

L × B × D　42.25米 × 7.820米 × 4.000米

	排水量 (屯)	トリム (米) L = 42.25米	吃水 (米)			浸水面積 (平方米)	水線長 (米)
			艏	平均	艉		
軽荷状態	495.98	0	2.434	2.434	2.434	367.58	40.53
		艉へ .026L	1.881	2.430	2.980	375.10	41.28
		艉へ .05148L	1.300	2.387	3.475	378.01	42.66
半載状態	606.07	0	2.851	2.851	2.851	397.65	41.40
		艉へ .026L	2.261	2.811	3.360	411.49	42.78
		艉へ .05148L	1.704	2.792	3.879	418.74	43.47
満載状態	717.98	0	3.252	3.252	3.252	458.57	42.93
		艉へ .015L	2.927	3.244	3.561	453.25	43.49
		艉へ .030L	2.601	3.185	3.868	450.62	43.81



第 3 図

模型曳航試験は、2.5米のパラフィン製模型船を使用して、軽荷、半載及び満載の状態につき、夫々トリムを段階的に変化させ、合計9状態について実施した。之等の試験状態を第2表に示している。

計測した抵抗値は有効馬力に換算し、速力（節）を基底とする有効馬力曲線及び交叉曲線に表はすと第3図の様になる。但し、この場合摩擦抵抗は次の式に依り算出した。

模型船　$_{m}R_{f} = f.s.v^{1.92}$

実　船　$_{s}R_{f} = f.s.v^{1.825}$

茲に、之等の曲線群が示している特性を拾つてみよう。

先づ、イーブンキールの時に排水量は軽荷状態が496.0 瓲、半載状態が606.1 瓲、満載状態が718.0 瓲であり、夫々約110瓲増加しているにも拘らず、有効馬力は半載状態から満載状態になつても増加量が極めて少い。

又、軽荷状態の艉トリム0.051 Lでは低速で比較的高い値を示しているが、高速部分ではトリムさせることに依つて利する有効馬力の割合は可成大きい。

以上の特性は、先に研究技報第4号に紹介した丸高水産鮪延縄漁船（35.5米×6.6米×3.4米）の試験成績に類似している様に思はれる。

次に、実船の航海状態に近いと思はれる満載状態（イーブンキール）、半載状態（イーブンキール及び艉トリム0.026 L）及び軽荷状態（艉トリム0.051 L）の4状態をフルード数を基底とする造波抵抗係数曲線に表はし第4図に示している。但し、こゝでは次の摩擦式を使用している。

$$R_f = \sigma\lambda \left[1+0.0043\ (15-t)\right]\ S.\ V^{1.825}$$

2. 試運転成績

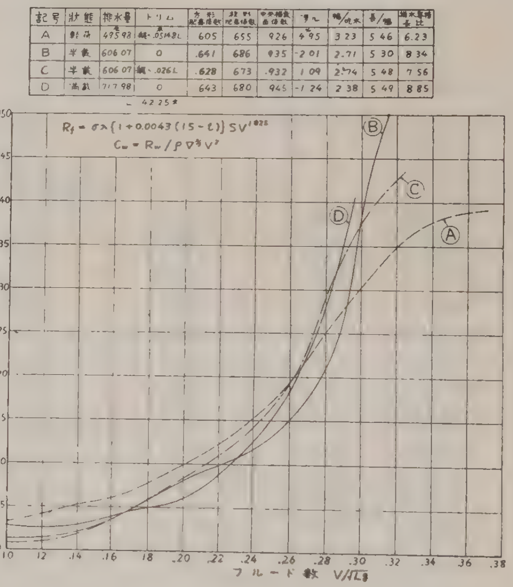
(1) 試験方法

試験は通常の要領で速力逓増試験を実施したが、標柱間航走時の軸馬力計測は日立造船式（磁歪型）捩り動力計を中間軸に装着して、トルクをオツシログラフに記録し、回転数は別に中間軸に一回転毎に電路を開閉する装置を設け、経過秒時と共にオツシログラフに記録せしめて計測し、このトルクと回転数から軸馬力を算出した。

又、相対風向及び相対風速は羅針儀甲板左舷前端の手摺の上方に装備された Koshin Vane に依つて15秒毎に計測し、他方船の進路と抵舵の変動を同様に15秒毎に計測した。

尚、後進試験は中間軸トルク、回転数及び船速の変動の模様を計測した。

捩り動力計の取付状況及び計測状況は第5図(a)(b) の通りである。



記号	状態	排水量	トリム	方形肥瘠係数	柱形肥瘠係数	中央横截面係数	[illegible]	幅/吃水	長/幅	[illegible]
A	軽荷	495.98	艉・.05148L	.605	.655	.926	4.95	3.23	5.46	6.23
B	半載	606.07	0	.641	.686	.935	-2.01	2.71	5.30	8.34
C	半載	606.07	艉・.026L	.628	.673	.932	1.09	2.74	5.48	7.56
D	満載	717.98	0	.643	.680	.945	-1.24	2.38	5.49	8.85

第4図

(2) 漁船用磁歪式捩り動力計

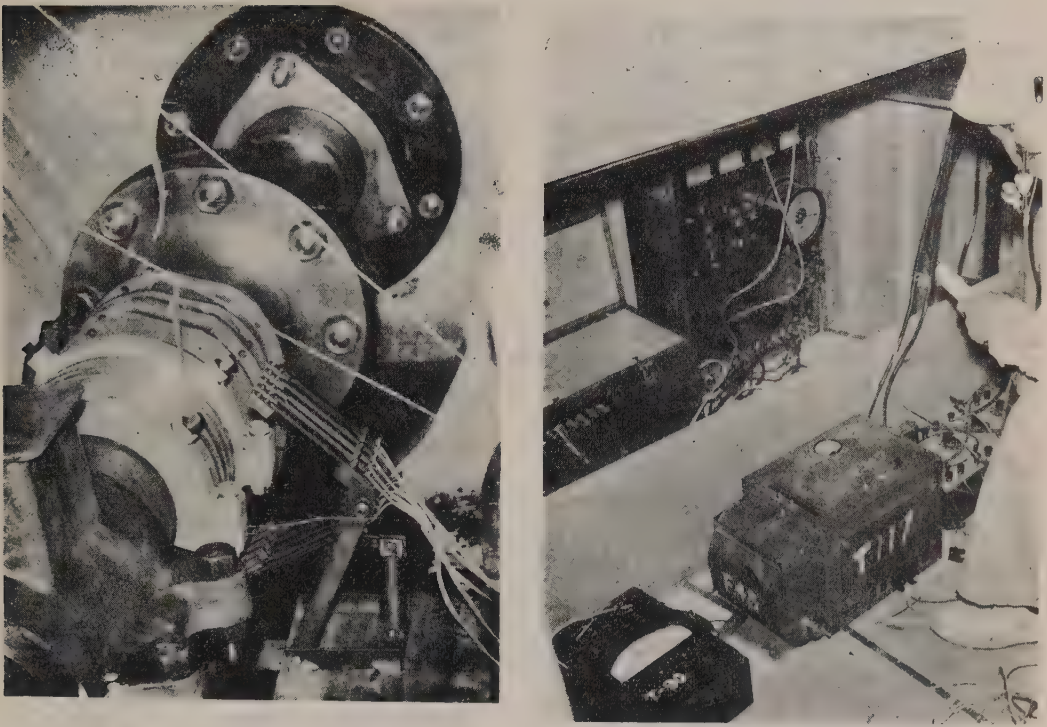
当研究室に於いて一型捩り動力計と呼称する磁歪式動力計の試作研究の経過については、漁船研究技報第1号及第2号に詳述した通りである。即ち最初の試作器は実験の結果磁歪管に対する軸系の捩りモーメントの伝達機構に不備な点が発見されたので此等の点を改良して改一型を引続き試作したのであるが、指示が不安定なこととヒステリシスの現象等の為に未だ満足される結果を得るに至つていなかつた。

然し乍ら当初本型式の動力計の計画に参画された木下博士[※1]は、其の後日立造船技術研究所に於いて改良実用化を重ね、ついに大型船舶用の実用計器の製作に成功し[※2]、既に多数の船舶の試運転の際に用い、又永久的設備を行つた船もある現状である。

それで此の日立造船式動力計を内燃機関を主機とする漁船の軸馬力の計測に用い、併せて一型動力計の完

[※1] 日立造船株式会社技術研究所第2研究室長、工学博士

[※2] 「軸馬力計の試作研究」木下昌雄、岡田正次郎、斉藤禎三郎
日立造船技報 Vol.12 No.5 1951 及 Vol.13 No.1 1952



(a)　　第 5 図　　(b)

成に資すべく此の機会に共同実験を計画したのである。今回の試験に使用した動力計の概略の機構は第6図に示す通りであつて磁歪管を支持しナイフエッヂに依り中間軸を抱締めている先筒及基筒は鋳鉄製で清和丸の中間軸に嵌合する様に此の度特に日立造船に於いて製作したものである。尚本装置ではスリツプリングを本体から分離して磁歪計測部の慣性を極力少くしている。

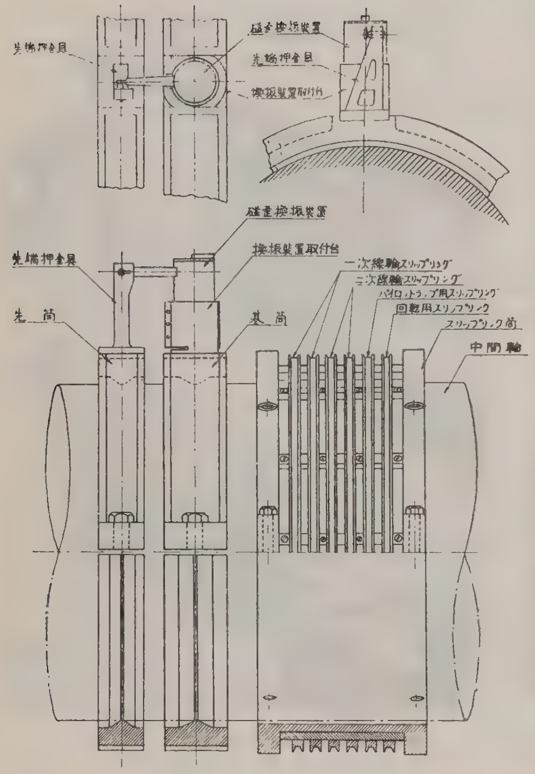
磁歪管の一次電流は本船の二次電池によりMGを駆動して取り、二次の出力電流は整流後オツシログラフに記録している。又オツシログラフには前項に述べた通り回転数・秒時・船橋信号のマークを同時に記録し後進試験の際には流木試験前後マークをも記録して解析を便利にしている。尚動力計本体と測定計器は場所の都合で夫々別所に設け両者の連絡を電話で行つた。

以上の諸装置は本試験の前日に悉く日立造船所から持参し、同研究所の木下博士、岡田技師、吉岡技師が当日の計測及其の後の解析に当つた。又標柱間の計測・流木試験その他の測定には三保造船所の風間工場長を始め同所の職員の多大な協力を得ている。此等の共同試験の結果次項以下に示す通り、漁船の推進能率を解明するのに必要な諸計測値を得るのに成功し、本型式の動力計を漁船に用うることについて極めて明るい見透しを得ることが出来た。

(3)　試験成績

a.　速力逓増試験

第3表に示す試運転状態の下に、前述の方法に基いて実施された試運転の標柱間航走時の計測値は第4表の通りである。この計測値は風波と潮流の影響を含んでいるので、造船協会試験水槽委員会制定の試運転成績標準解析法試案に従つて解析し、風と潮流の影響を除去した結果、船の対水速度と伝達馬力及びアドミラルチー係数の修正値は第5表の様になつた。但し、波及抵舵の影響を除去する方法はないが、当日の海面状


先端押金具
磁歪捩振装置
先端押金具
捩振装置取付台
磁歪捩振装置
先端押金具
捩振装置取付台
一次線輪スリップリング
二次線輪スリップリング
パイロットランプ用スリップリング
回転用スリップリング
先筒
基筒
スリップリング筒
中間軸

第 6 図

第3表 試験状態

試運転種類		確認運転
施行年月日		昭和29年5月29日
出港時刻		9時0分
帰港時刻		15時0分
出渠年月日		昭和29年5月13日
使用標柱		興津沖
水深		16 ～ 20米
天候		薄曇 ～ 晴
風向及風速		「ビューフォート」風度1
海面状態		静穏
海水温度（碇泊場）		16度
海水比重（碇泊場）		1.023
〃（標柱間航路）		1.025（想定）
吃水	艏	1.300米
	艉	3.475米
	平均	2.388米
トリム		艉に 2.175米
排水量	容積	489.8立方米
	重量	502.0瓲
肥瘠係数	方形	0.614
	柱形	0.666
	中央横截面	0.922
浸水面積		389.400平方米
推進器軸深度		2.020米

第 4 表 試運転計測値

主機の負荷	航走番号	及方向（度）	潮流	風向	入標時刻	標柱間時間（分秒）	平均対地速力（節）	平均毎分回転数	平均軸馬力	平均相対風速（米/秒）	平均相対風向（度）	平均舵角（度）
¼	1	72	逆	逆	1051	7-34.5	8.168	197.0	158.5	7.76	左 8	左 1
	2	253	順	順	1108	6-41.4	9.248	197.4	146.5	1.67	右 57	0
2/4	3	71	逆	逆	1120	6- 6.7	10.123	255.2	374.0	7.75	右 1	左 1
	4	253	順	順	1136	5-36.0	11.048	254.9	363.0	2.04	右 30	0
¾	5	71	逆	逆	1148	5-38.2	10.976	290.2	584.0	8.28	右 14	0
	6	252	順	順	1205	5-13.9	11.826	292.1	570.0	3.10	0	0
4/4	7	72	逆	逆	1218	5-19.9	11.605	319.8	851.0	8.13	右 21	0
	8	253	順	順	1230	5-58.0	12.457	322.5	839.0	4.27	左 7	0

備考 1. 軸馬力は中間軸に装着された磁歪式捩計によつて計測した。

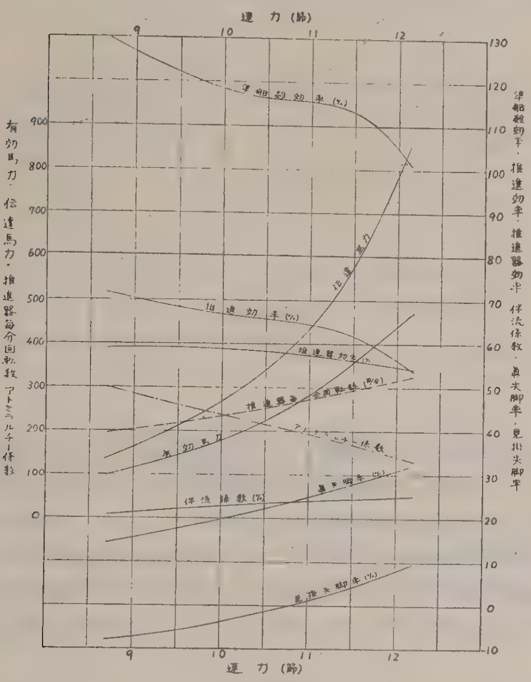
2. 相対風速及風向は Koshin Vane に依つて15秒毎に計測した。

3. 相対風向は艏から測つた角度を示す。

態は静穏であるからこの影響は殆どないものと考へられる。尚、風の修正に必要な風向※3影響係数は鮪漁船に対する風洞実験結果から求めた。

第 5 表 試運転成績

主機の負荷	対水速力（節）	毎分回転数	伝達馬力	アドミラルチー係数
¼	8.746 8.774	197.0 197.4	142.0 143.5	297 297
2/4	10.600 10.610	255.2 254.9	358.0 358.0	210 211
¾	11.475 11.442	290.2 292.1	557.0 569.0	171 166
4/4	11.980 12.205	319.8 322.5	819.0 840.0	133 137



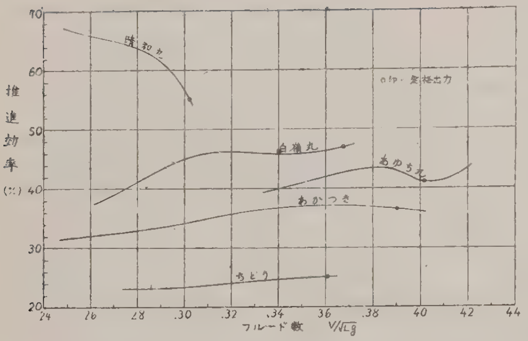
第 7 図

次にこの試運転結果と当研究室の試験水槽に於ける模型試験の結果から、本船の推進性能を示す諸係数を算出して、試運転結果と共に一図にまとめたのが第７図である。図中の準船殻効率とは推進器性能を運輸技術研究所の推進器性能図表から導いた値に基くもので、推進効率を伝達効率及び推進器効率で除したものを仮称している。

先づ、本船の推進効率は主機の出力¾～4/4で62～55%であり、漁船としては可成り良い値で一般大型船舶に一歩接近した様に思はれる。従来小型漁船の推進効率は極めて悪いと云はれているが、当研究室で、試運転時に２型及び４型捩り動力計を使用して軸馬力を計測した４船の例を挙げて比較してみよう。推進効率を比較するには、定格出力附近の等しいフルード数で比較するのが妥当と思はれるが、フルード数を基底としてこれら推進効率を曲線に表はすと第８図を得る。この図から定格出力の推進効率を拾うと次表の様になる。

船種	排水量（瓲）	捩り動力計	フルード数	推進効率（%）
和洋折衷型実験船「ちどり」	4.3	漁研４型	.36	25
和船型実験船「あかつき」	6.2	〃	.39	37
愛知県漁業取締船「あゆち丸」	66	漁研２型	.40	41
水産庁漁業取締船「白嶺丸」	200	〃	.37	47
晴和丸	502	日立式	.30	55

※3 「鰹鮪漁船の操縦性に及ぼす風圧の影響について」木下、花岡、中島共著、造船協会論文集第86号後編昭29.3



第 8 図

これ等に見る様に小型船の推進効率は極めて低い値であるが、大型になるに従つて上昇していることを知る。

その他の係数も概ね「白嶺丸」の成績を上廻る数値を与えている。

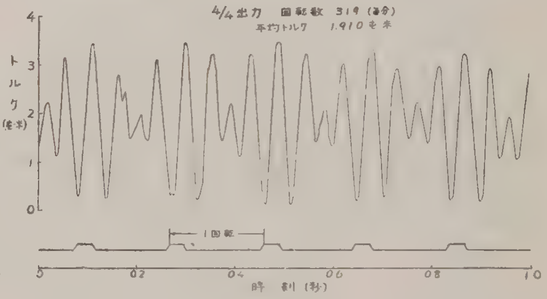
b. トルク変動率について

この種のヂーゼル船の推進器軸の捩り振動は相当に大きいことが予想される。今回の速力試験に際して、磁歪式捩り動力計に依る標柱間航走中の中間軸のトルク計測にオツシログラフを使用したが、その際に主機の各出力の場合のトルク変動の様子を知ることが出来たので、一例を挙げて参考に供したいと思う。

第9図は4/4出力の場合のオツシログラフの記録を時間を横軸に取つて書き改めたものである。尚、各出力のトルク変動率 $\left(\frac{\text{最大トルク}-\text{最小トルク}}{\text{平均トルク}}\right)$ を計算すると次の表の様になる。

毎分回転数	トルク変動率(%)
198	773
255	252
290	229
319	176

これ等から一般大型ヂーゼル船の場合に比べて、この種の漁船のそれが格段に大きいことがわかる。



第 9 図

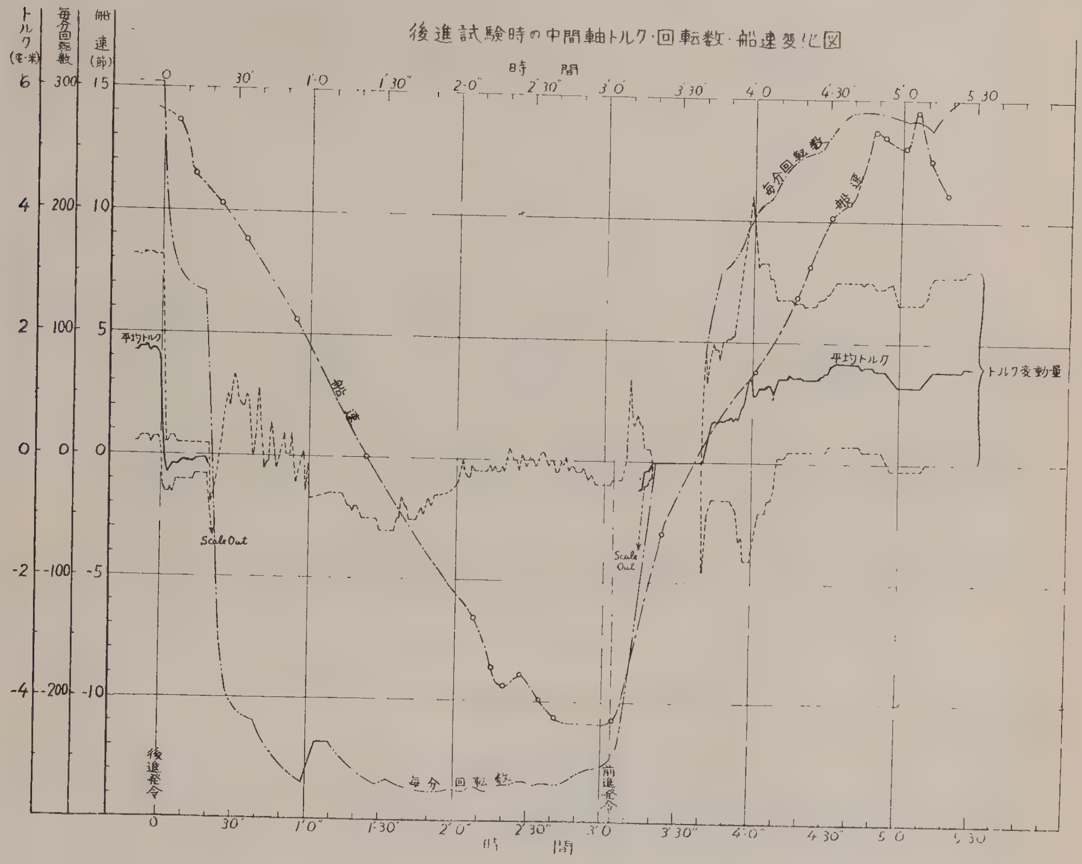
c. 後進試験

後進試験の経過は、4/4出力で前進中に後進を発令し3/4出力まで回転数を上げて回転整定後、定常後進速力になつた時、再び前進を発令し4/4出力までもどした。この際、後進発令から回転整定までの所要時間は約1分、回転整定時間は約2分、前進発令から4/4出力にもどる迄の所要時間は約1分30秒であつた。この過程に於ける中間軸トルク及び回転数並びに船速の変動の模様を計測したので紹介する。第10図が試験成績であるが、後進時のトルクの最大値が、軸の捩り振動の為に予想外に大きかつたので、Scale Out して計測出来なかつた。従つて平均値も記載することが出来なかつたのは残念であるが、本図によつてその概略の状況は知ることが出来ると考えられる。

むすび

晴和丸の試運転成績に依り、推進性能に関しては、この種の漁船は小型漁船に比べて可成良好であることを知ると同時に、大型船になるに従つて性能も向上する傾向のあることを再確認し得た。更に今後も種々の漁船について試験を実施し、漁船の推進性能の解明に努力するつもりである。

最後に、試運転に際して、軸馬力及びトルクの変動並びに後進試験のトルクと回転数の変動の計測、更には試運転成績の解析に多大の労力と日時を提供して下さつた日立造船株式会社技術研究所に対し深く感謝すると共に、本実験の遂行に当つて終始協力された三保造船所に対して厚く謝意を表するものである。


後進試験時の中間軸トルク・回転数・船速変化図
トルク（屯・米）
毎分回転数
船速（節）
時間
0
30′
1′0″
1′30″
2′0″
2′30″
3′0
3′30″
4′0″
4′30″
5′0
5′30
6 300 15
4 200 10
2 100 5
0 0 0
-2 -100 -5
-4 -200 -10
平均トルク
船速
毎分回転数
Scale Out
後進発令
前進発令
トルク変動量

第 10 図

積層梁曲材の強度試験

大津義徳、和田正三

概　　要

数種の積層梁曲材を作り天然根曲材と強度の比較を行つた結果次のことが判つた。

1. 天然根曲材は強力に著るしい差異があるため、一律に天然根曲材が最良であるとは云い難い。
2. 積層梁曲材で最も重要なことは接着を完全に行うことゝ、木目を荷重の方向に対し有効に配置することであり、この良否によつて強力に大きな差を生ずる。
3. 積層梁曲材の中、薄板を厚さの方向に重ねて接着したC型は天然根曲材に比べ強度では殆ど遜色がなく、安定した値を示し、且つ変形も天然根曲材に比べ小さいので天然根曲材に充分代用し得る見込がある。
4. 圧縮曲げの場合、何れの試験材も梁受板の切欠部より破壊しているので、この部分に応力が集中せぬよう梁受板の形状には再考を要する。

Strength Test of Laminated Beam Knees

Abstract

Authors tried the comparison in strength and stiffness between the several type laminated and natural beam knees, and obtained the following conclusions.

1. It is not always correct to say that the natural beam knees exceed any other type of laminated ones, because there is great difference in strength between each groupe of them.

2. To get satisfactory laminated beam knees in practice, it is necessary to apply the correct gluing and to select the suitable arrangement of grain for the direction of load, and the difference of strength depends on those process.

3. The "C" type laminated beam knees glued with thin plates thickness wise, have equivalent strength to the mean of the natural beam knees and always indicate stable value, and their deflection are less than that of the natural beam knees.

It seems practically possible to use laminated beam knees as a substitute for natual beam knees.

4. In case of compressive bending, all test pieces were broken at the notch of shelf, so the shape of shelf must be re-considered not to concentrate the stress on this notch.

まえがき

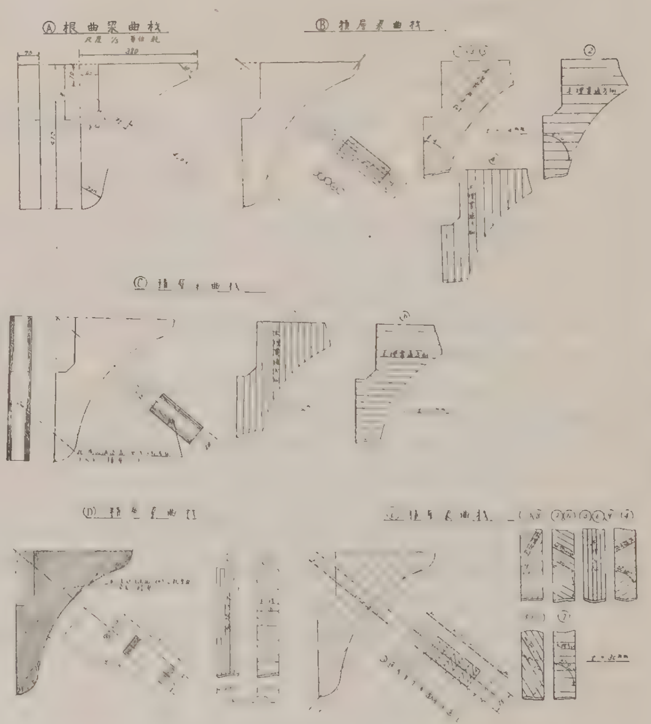
木船の梁曲材及び肋骨彎曲部等に用いられる天然根曲材は、資源的にも既に現在の需要を満し難い段階に来て居り、木造船所の現場がその対策に腐心していることは周知の事実である。天然根曲材に代るものとして誰しも直ぐに考えるのは接着剤による積層材の利用であろうが、さて使用接着剤の種類、積層の方式等の具体的問題になると、まだ造船所の現場で直ちに応用できるだけの資料に乏しい。これらの点に就ては以前から漁船関係造船所の要望もあつたので、根曲材の代替材料として積層材の利用価値を研究することにした。

積層材の研究としては接着剤の種類、接着技術、積層方式など多くの問題があるが、本研究に於ては接着剤は一応実績の出ている石炭酸系樹脂を使用することゝし、主として単板の積層方式を主眼に実験を進めることにした。窮極の目標としては総ての部材が積層材に置換えられるのが理想であろうが、木造漁船の現状よりすれば小部材より漸進的に進むのが妥当と考えられるので、まづ梁曲材を対象としてとり上げ、これに就て天然材との比較を試みた次第である。

1. 試験材

木材はその性質上小試験材の実験結果をそのまゝ実際に適用することは適当でないので、実際に使用されている漁船協会の5屯型漁船の梁曲材の実物寸法による試験片を用いた。実験に供した材種は松の天然根曲材及び松の積層材である。

天然根曲材は木目が彎曲に沿つて完全に貫通していることが第一の条件であるが、かゝる試験材を得ることは非常に困難であつて、従来木造漁船建造に使用されているこの種の彎曲部材の強力には大きな差異があるものと考えねばならない。本実験に供した天然根曲材は造船所に於て使用すべき目的にあつた材の中から最も良質と認められるものを選んだのであるが、以下に述べるこれらの実験結果をみれば、如何にその強力に差異があるかゞ判る。



第 1 図

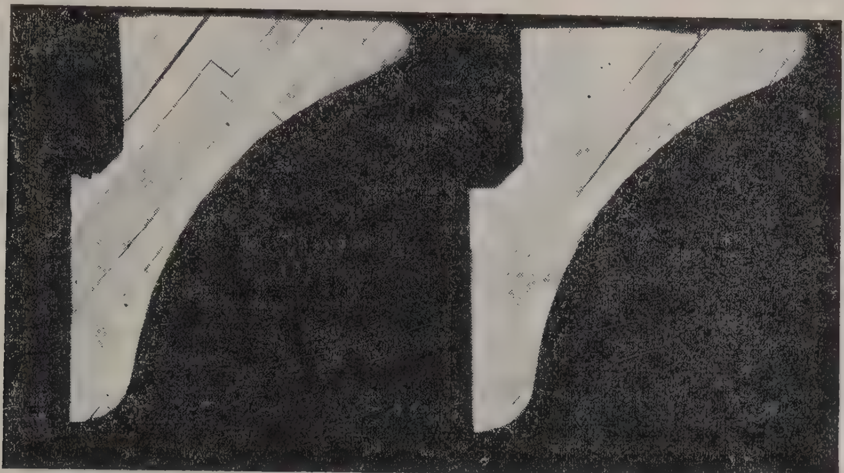
積層梁曲材は第1図に示すように松の3粍～30粍厚の単板を石炭酸系接着剤を用い積層したもので、その仕上り寸法は天然根曲材と同じである。B～Eの4種類の方式は工作の難易、工費等の点を勘案して、実際に略々可能性のあると思はれる組合を択んだものである。一般に木材は乾湿による伸縮が著るしく且つ木目の方向によつてその大さが異るため、気乾状態に於て接着が完全であつても木目の方向の異る板、例えば板目板と柾目板とを接着すれば、これを乾湿した場合は両材の伸縮によつて接着面に大きな剪断応力が作用することになり、接着剤がこれに耐えられなくなれば両板は剝離して積層材としての効力を失う。又接着剤は耐水性の良好なものでなくてはならない。従つて積層材については気乾状態の強力のみならず、これらの性質をも調べる必要がある。然し乍ら積層材に於ては、天然根曲材と異り良質の木材を択び得る利点があるため、接着が完全に行はれ、その構造方式が荷重に対し有効であれば天然根曲材以上の強度が得られるものと考えられる。

本実験に用いた積層梁曲材は日本ベークライト株式会社の石炭酸系接着剤ＰＡ511を用い、合成産業株式会社で製作されたものであり、この接着剤の耐水性については既に試験済1)なので今回は耐水試験は行はず、

---

1) 漁船研究技報第3号、積層材構造の耐水木材の性能について

約1年6ヶ月室内に放置して大気中の乾湿による接着の剝離状況のみを確めた。その結果試験材E様式、即ち廃材を利用して作つた30粍厚の単板を積層したものは、他の様式のものに比し板厚が厚過ぎて松脂が多く、且つ木目も板目、柾目混じていたので第2図に示すように放置中に接着面が各所に於て剝離し試験を行うに至らなかつた。このことは今後積層材を製作する際特に注意せねばならない。



第2図 積層梁曲材E型剝離状態

2. 実験方法

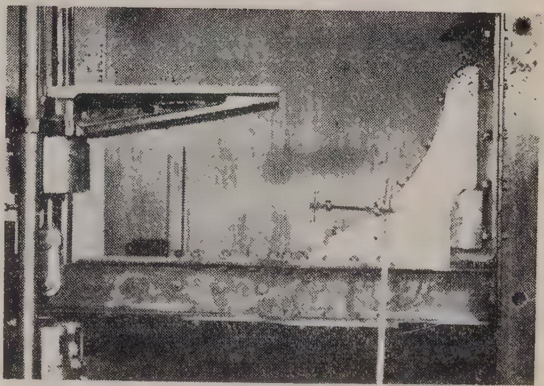
梁曲材にかゝる力としては曲げ、剪断など荷重によつて複雑な応力が考えられるが、梁曲材単独について見るならば、その形状からして曲げ破壊に最も弱いと思はれるので、比較試験としては曲げ強度のみを試験することにした。

即ち各種梁曲材について、第3図に示すような彎曲を狭める圧縮曲げ試験と、第4図に示すような彎曲を拡げる引張曲げ試験とを行つた。梁曲材は肋骨、梁、梁受板其他と完全に固著されて始めて有効となるものであるから、肋骨、梁等と固著して試験を行うべきであるが、木材の肋骨、梁等に取付けることは他の要素が加わつて簡明な結果が期待されないので、今回は肋骨、梁等に相当するものを鋼材にて製作し、これに梁曲材を木船構造規程による螺釘を用い固著し、前述の曲げ試験を行つた。

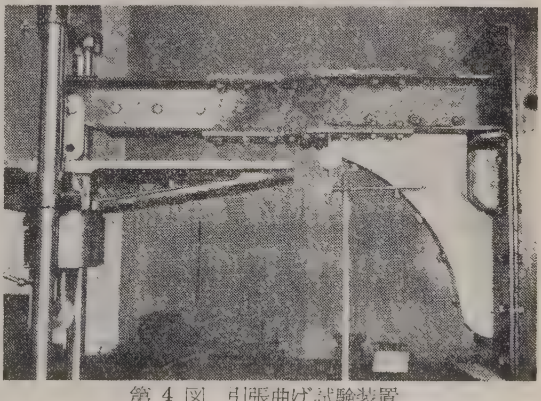
3. 実験結果

(1) 天然根曲材の機械的性質

本実験に供した天然根曲材の機械的性質は第1表に示す通りである。



第3図 圧縮曲げ試験装置



第4図 引張曲げ試験装置

第 1 表

比重	含水率	引張強		圧縮強		曲げ強度	剪断強	弾性係数	
		纎維に平行	纎維に直角	纎維に平行	纎維に直角	纎維に平行	纎維に平行	纎維に平行	纎維に直角
	%	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
0.85	10.5	446	54.5	332	93	627	75.8	77,350	10,450

(2) 圧縮曲げ強度

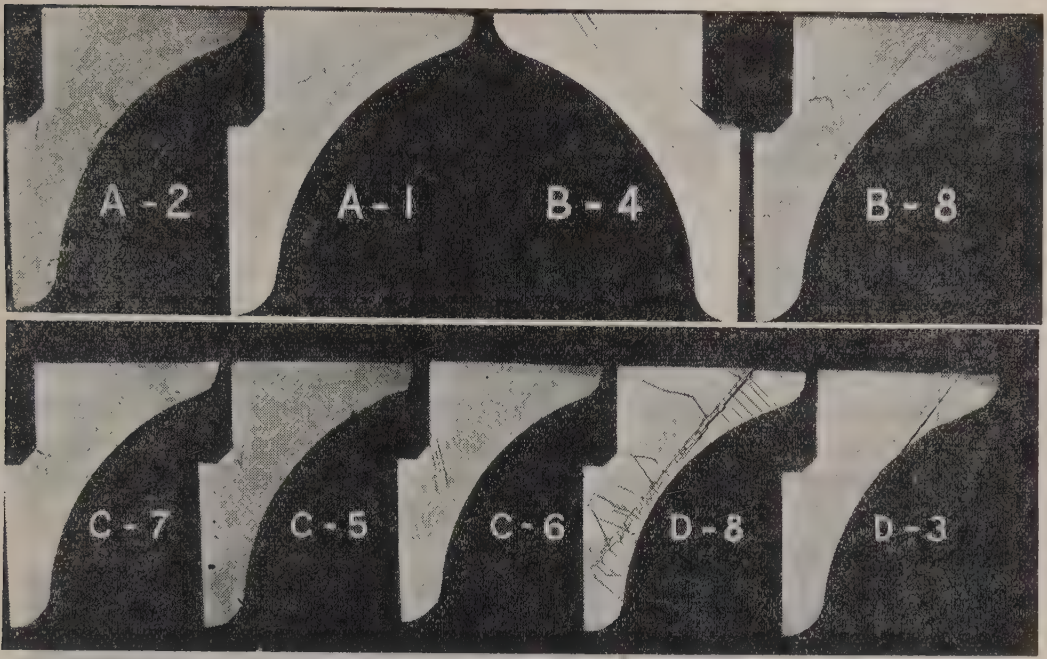
各種梁曲材の圧縮曲げ試験成績は第2表に示す通りで、圧縮曲げ強度は天然根曲材では191kg/cm²～301kg/cm² で平均値は 223kg/cm²、積層梁曲材B型は 159kg/cm²～243kg/cm² で平均値は 185kg/cm²、C型は 153kg/cm²～255kg/cm² で平均値は 216kg/cm²、D型は 77kg/cm²～128kg/cm² で平均値は99kg/cm² となつている。

第 2 表 圧縮曲げ試験成績

梁曲材の種類	試験材番号	比重	含水率	最大荷重	咽喉釘部にかゝる最大曲げモーメント	曲げ強さ	破壊箇所
			%	kg	kg—m	kg/cm²	
天然根曲材	A— 1	0.58	11	470	385	301	梁受板切欠部
	A— 2	0.66	10.8	330	270	211	〃
	A— 5	0.71	10.5	320	262	205	〃
	A— 8	0.62	10.8	360	295	230	〃
	A— 9	0.71	10.5	310	254	198	〃
	A—10	0.85	10.5	300	245	191	〃
積層梁曲材 B 型	B— 3	0.56	11.5	380	311	243	〃
	B— 4	0.56	11.3	300	245	191	〃
	B— 5	0.58	11	250	204	159	〃
	B— 7	0.56	11.5	270	221	173	〃
	B— 8	0.52	11.5	250	204	159	〃
積層梁曲材 C 型	C— 1	0.70	13	240	196	153	〃
	C— 5	0.70	12.5	300	245	191	〃
	C— 6	0.70	12	300	245	191	〃
	C— 7	0.71	12	390	319	249	〃
	C— 9	0.70	12.5	400	327	255	〃
	C—10	0.69	12.5	400	327	255	〃
積層梁曲材 D 型	D— 3	0.65	12.5	145	109	85	梁腕端部接着剝離
	D— 5	0.64	12	150	123	96	梁受板切欠部及び梁腕部接着剝離
	D— 6	0.60	11.5	200	164	128	〃
	D— 7	0.66	13	170	139	109	接着剝離及び割れ
	D— 8	0.64	12	120	98	77	〃

積層梁曲材D型は問題外であるが、この表を見れば判るように平均値としては天然根曲材が最も優れた強度を示しているが、個々の試験材の強度を見ると天然根曲材では 301kg/cm² という飛離れて強いものもあるが、その強度は稍々不安定である，これに対し積層梁曲材B型及びC型のものは割合安定した強度を示して居り、特にC型梁曲材は平均値でも天然根曲材に比し殆ど遜色がなく、若しC—1試験材の 153kg/cm² という飛抜けて低い値を除けば、反つて天然根曲材以上の強度を示すことになる。

次に破壊はD型梁曲材を除き何れも梁受板の切欠部より生じた。第5図はこの破壊状態を示すものである。



第 5 図 圧縮曲げによる破壞状態

一般に木材は剪断強と割裂強が非常に小さいので梁曲材が切欠部より破壞することは予想されたことではあるが、この点は特に小型木船の構造様式及び工作法につき考慮を要する問題である。即ち大型木船に於ては梁受板の次に副梁受板、内張板とあるため、梁曲材に殆ど切欠を無くすることが出来るが、小型木船では副梁受板、内張板は存在しないので、この場合には梁受板の形状を梁を受ける面を広く、下部を狭くし丸味を附す等、この切欠の影響を取除くことにより、現在材料自身の曲げ強度 627kg/cm² の約⅓しかない梁曲

第 3 表 引張曲げ試験成績

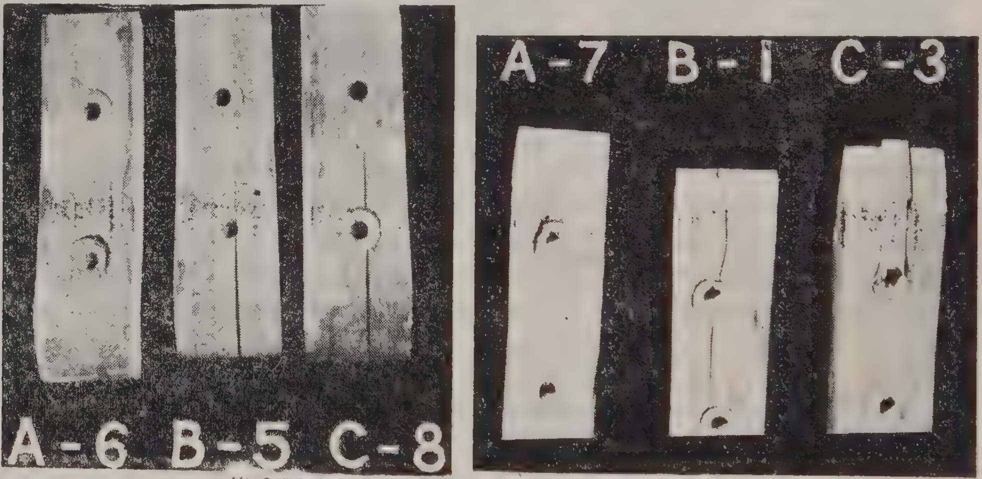
梁曲材の種類	試験材番号	比重	含水率	最大荷重	咽喉釘部にかゝる最大曲げモーメント	曲げ強さ	破壞箇所
			%	kg	kg—m	kg/cm²	
天然根曲材	A— 3	0.73	10.5	270	221	173	咽喉釘部
	A— 4	0.62	11	700	573	448	梁腕端螺釘部
	A— 6	0.66	10.5	780	638	498	〃
	A— 7	0.60	10.5	1,000	818	639	〃
積層梁曲材 B 型	B— 1	0.60	12	660	540	422	〃
	B— 2	0.58	11	400	327	255	咽喉釘部
	B— 6	0.57	11.5	420	344	269	梁腕端螺釘部
	B— 9	0.58	11.5	330	270	211	咽喉釘部
	B—10	0.58	11.5	530	434	339	咽喉釘部及び梁受板切欠部
積層梁曲材 C 型	C— 2	0.71	12.5	680	556	434	梁腕端螺釘部
	C— 3	0.69	11.5	680	566	434	〃
	C— 4	0.69	11.5	670	548	428	咽喉釘部
	C— 8	0.69	12.5	560	458	358	梁腕端螺釘部
積層梁曲材 D 型	D— 1	0.64	12	350	286	223	咽喉釘部

材の曲げ強度約 200kg/cm^2 を相当増加することが出来るものと思われる。

(3) 引張曲げ強度

各種梁曲材の引張曲げ試験結果は第3表に示す通りである。引張曲げ強度は天然根曲材に於ては頗る不安定で 173kg/cm^2～639kg/cm^2 で平均値は 439.5kg/cm^2、積層梁曲材B型でも不安定で 211kg/cm^2～422kg/cm^{2}で平均値は 297kg/cm^2、C型は割合安定して 358kg/cm^2～434kg/cm^2 で平均値は 413.5kg/cm^2、D型は 223kg/cm^2 となつて居り、天然根曲材と積層梁曲材C型との間には殆ど強度の差を認め難く、何れも圧縮曲げ強度の約2倍になつているが、材料自身の曲げ強度 627kg/cm^2 よりは大部小さな値を示している。引張曲げの方が圧縮曲げより約2倍強いということは、割裂強、剪断強の非常に小さい木材の性質上、圧縮側に切欠のある場合は引張側に切欠のある場合に比し、その影響が少いことは当然なのでこのためと考えられる。

破壊状態は第6図A．Bに示すように咽喉釘部の処で亀裂を生ずるか、又は梁腕端取付螺釘部が破壊している。特に積層梁曲材に於てこの傾向が強い。これは積層材の接着が完全に行はれなかつたのか、或は積層しているので木目の関係とこの部分の剪断強が天然根曲材に比し小さくなつているためと考えられる。この欠陥を補うには積層梁曲材の場合、梁曲材の厚さ方向に螺釘等にて締付け、この釘で剪断力を分担するようにするか取付螺釘の座金面積を大きくして力の分散を図るなど何等かの対策を講ずる必要があると考える。



第6図—A 引張曲げによる梁腕端部の破壊状態

(4) 応力塗料による考察

梁曲材にはその形状及び木材が不等方質であることから複雑な応力が起ることが想像されたので、この主応力の方向及びその概略の値を知るために数個の試験材に応力塗料を塗布して実験を行つた。

応力塗料とは歪若しくは応力による塗膜の亀裂によつてその点の応力を知る方法であつて、亀裂は概して大きな応力を生じている部分から順次発生して行き、且つ亀裂は引張歪に直角に生じるから、これから主応力の方向を知

第6図—B 引張曲げによる咽喉部の破壊状態

ることが出来る。圧縮歪を測定する場合には荷重を加えたまゝ或る時間保ち、急に荷重を除去すれば圧縮歪を生じていた部分の塗膜は引張歪によつて亀裂する。

本実験に用いた応力塗料は現在東京工業大学津村教授が試作研究中のものを特に本実験のために頒けて頂いた。こゝに同教授の御好意を多とするものである。使用塗料は白色、透明の2種があり、その性質は次の通りである。

a. 白色応力塗料

配合割合

石灰ロヂン	100gr
チタン白	20gr
ヂオクチルフタレイト	0〜8cc
溶剤　ベンゾール	0〜50cc　トルオール　120〜150cc

性能

亀裂を生ずる歪	0.2%
亀裂を生ずる応力	1.97kg/mm^2（木材の場合）

b. 透明応力塗料

配合割合

石灰ロヂン	100gr
桐油	少量
ナフテン酸コバルト	少量
溶剤	二硫化炭素　100cc、ベンゾール　100cc

性能

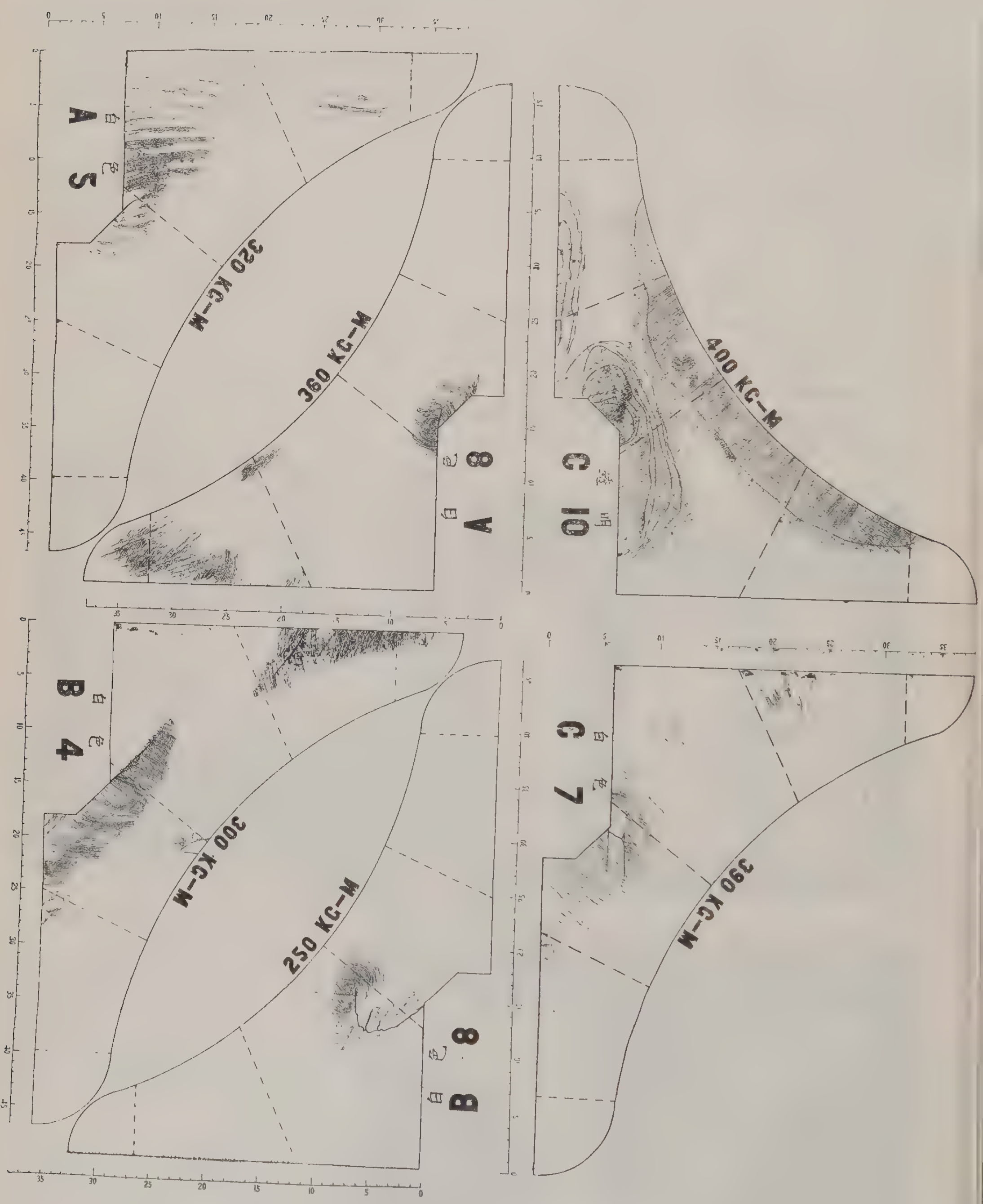
亀裂を生ずる歪	0.12%
亀裂を生ずる応力	1.21kg/mm^2（木材の場合）

先づ圧縮曲げの場合には第7図に示すように、梁受板の切欠部に亀裂が多く発生しているので予想通りこの部分に応力が集中し、その最大主応力の方向は咽喉部に対し略々直角の方向であることが判る。白色応力塗料では試験中、荷重の変化による応力の分布状況を知ることが出来ないが、透明応力塗料を塗布したC－10試験材では各荷重に対する応力の分布状態を見ることが出来る。先づ最初50kg-mの曲げモーメントにより切欠部に約1.2kg/mm^{2}の引張応力を生じ、荷重の増加に従い切欠部を中心として応力は梁腕部及び側腕部に及び、圧縮応力は之と対称的に生じ、やはり咽喉部で最大値を示している。

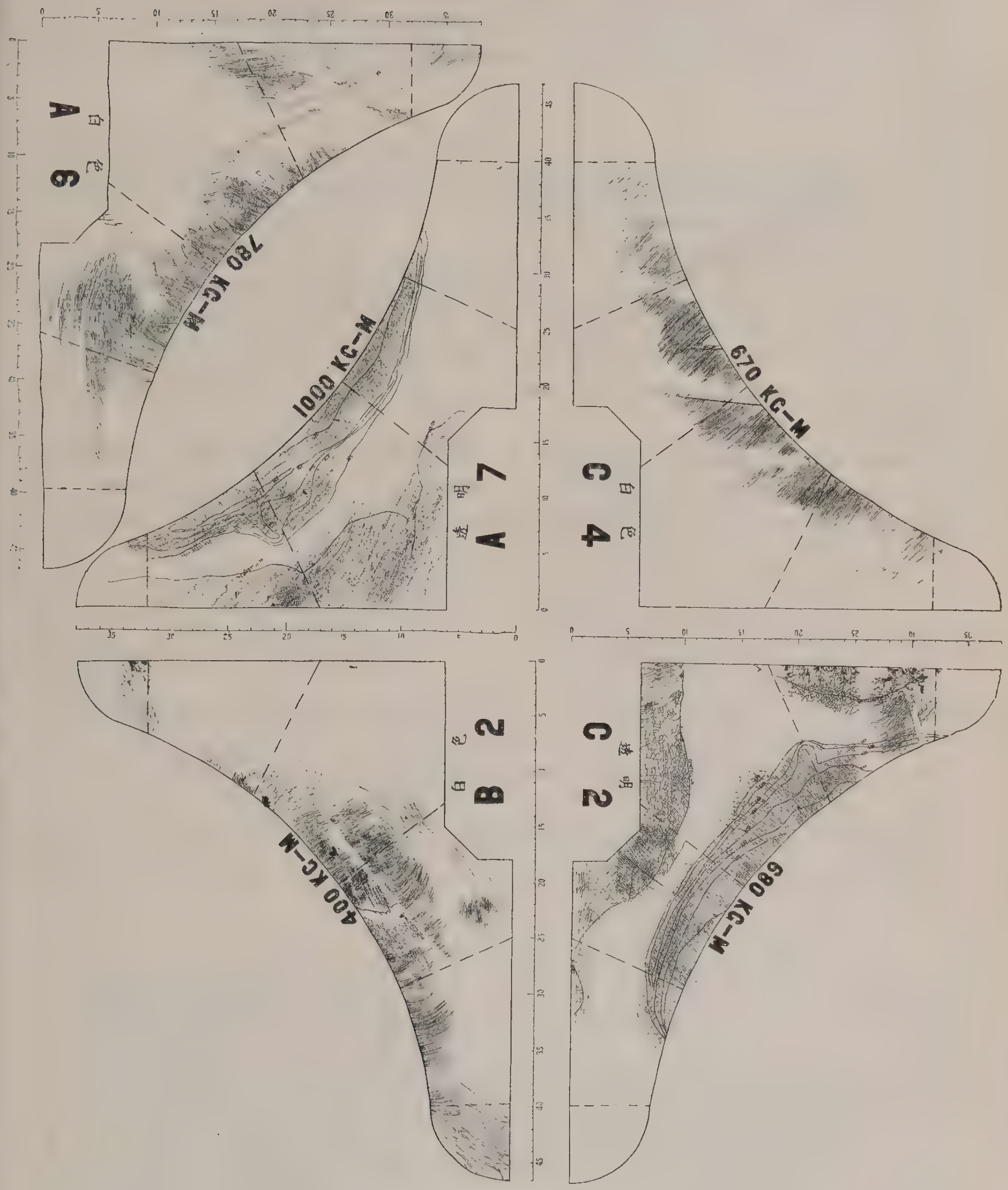
応力塗料では主応力の正確な値を知ることは出来ないが、塗膜の亀裂を生じた部分は白色応力塗料では約2kg/mm^2、透明応力塗料では約1.2kg/mm^{2}の応力を生じていることを示すものである。

次に引曲張げの場合にも第8図に示すように咽喉部に亀裂が多く生じているので、この部分に応力が集中して居り、その最大主応力の方向は咽喉部に対し略々直角な梁曲材の曲りに沿つた方向である。透明応力塗料を塗布したA—7及びC—2試験材について見ると、先づ最初50kg-mの曲げモーメントにより咽喉部に約1.2kg/mm^{2}の引張応力を生じ、荷重の増加に伴いこの応力は順次梁腕部及び側腕部に及び、特に咽喉部が破損しない場合には荷重の増加に従い最大引張応力の生ずる位置は咽喉部より梁腕部に向つて移行する傾向が見られる。又圧縮応力は梁受板の切欠部より梁腕部にかけて生じている。

更に圧縮曲げの場合には梁受板の切欠部のため、割合低い荷重でこの部分より破損してしまい梁腕部及び側腕部に生ずる応力が判らないのであるが、引張曲げの場合には梁腕端の螺釘部附近にも塗膜の亀裂を生じて居り、その亀裂の方向から見てこの部分に剪断応力を生じていることが判る。この剪断力によつて梁腕端螺釘部附近が破壊しているものが多いので、剪断強の極めて小さい木材に対しては圧縮曲げに於ける切欠の影響と同様に充分考慮する必要がある。


A 5
白色
320 KG-M
360 KG-M
A 8
白色
C 10
透明
400 KG-M
B 4
白色
300 KG-M
250 KG-M
B 8
白色
C 7
白色
390 KG-M

第 7 図 圧縮曲げによる応力塗料の亀裂状況


A 6
白色
780 KG-M
A 7
透明
1000 KG-M
C 4
白色
670 KG-M
B 2
白色
400 KG-M
C 2
透明
680 KG-M
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

第 8 図 引張曲げによる応力塗料の亀裂状況

又天然根曲材の場合、圧縮、引張曲げ何れの場合にも木目と木目の間に剪断応力が働いていることが透明応力塗料により観察されたので、この点からも天然根曲材が梁曲材として最適であるかどうかは疑はしい。

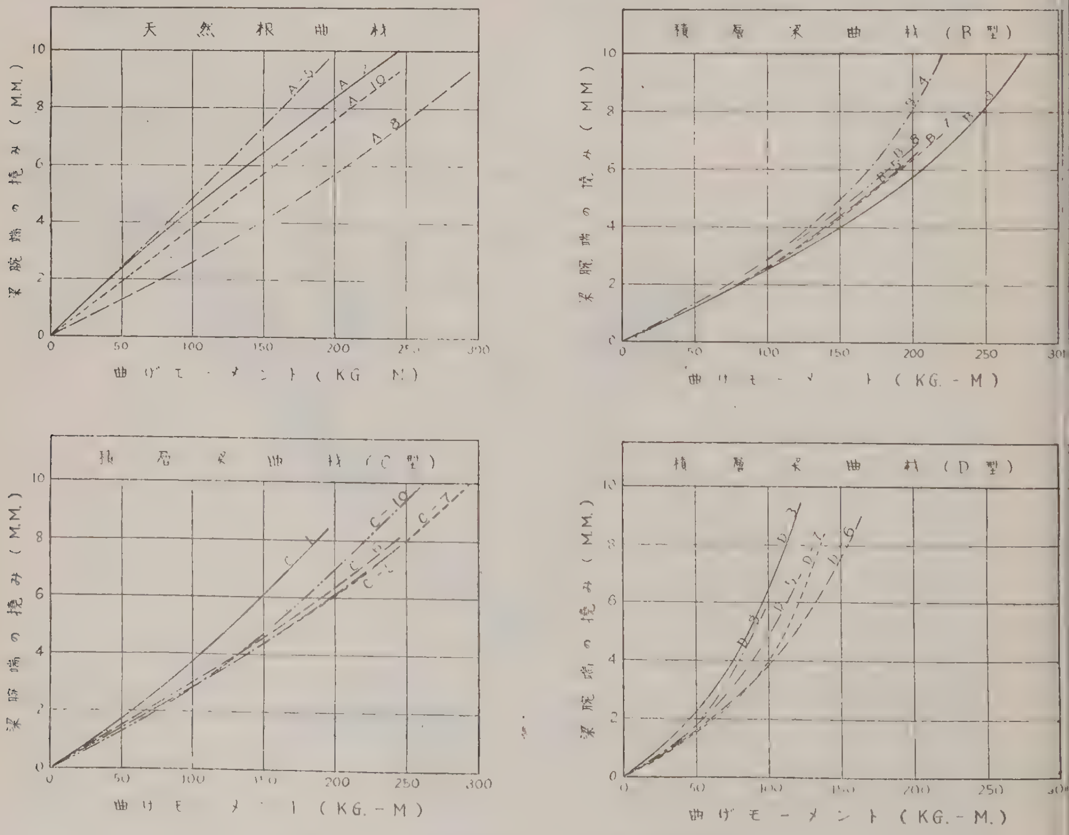
以上の結果から見て積層梁曲材B型及びC型は力の方向に対し木目の配置が比較的妥当であり、D型は不適当だつたといえよう。

(5) 変　形

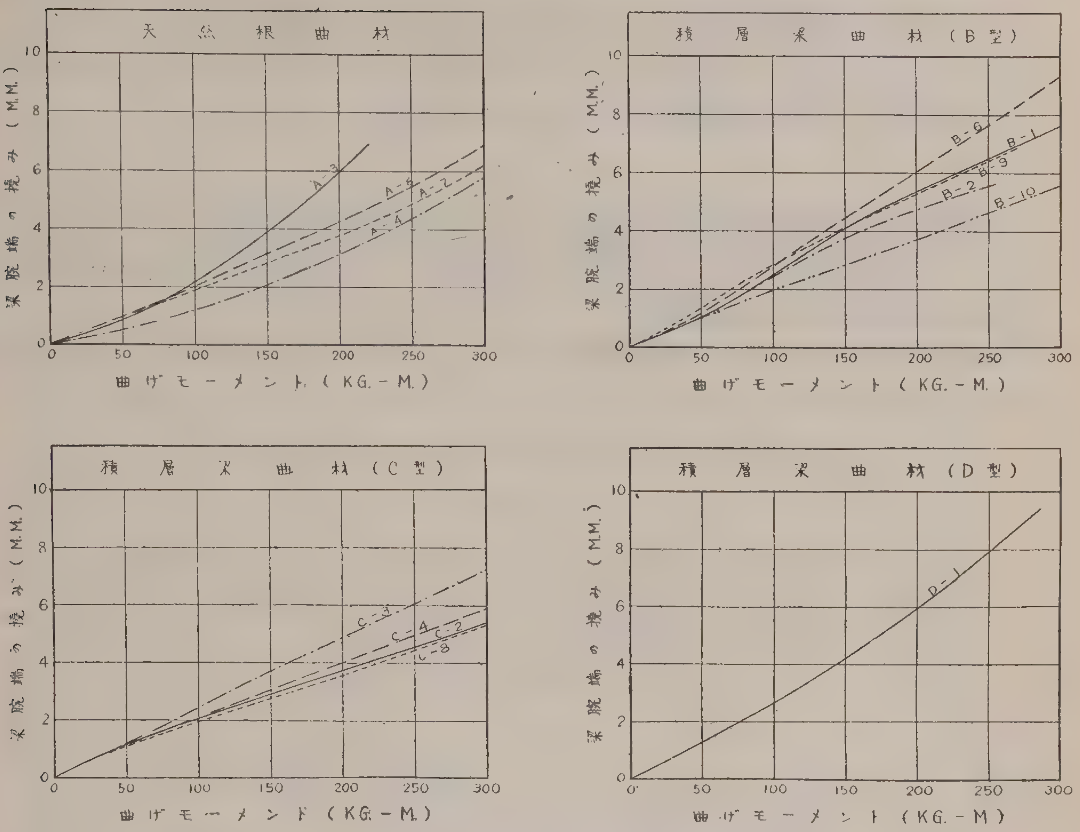
木船を堅牢にする上に於ては、木船の各部材と共に梁曲材の変形を少くすることが必要な条件である。この点に関し各種梁曲材の圧縮及び引張曲げ試験の場合につき、夫々試験材の荷重と梁腕端に於ける撓みとの関係を求め、これを第9図及び第10図に示した。

一例として 200kg—m の曲げモーメントに対する変形を見ると、圧縮の場合、天然根曲材では 5.7mm～10mm、平均値で 7.9mm の変形を生ずるのに対し、積層梁曲材B型では 5.8mm～8.1mm、平均値で 6.7mm、C型では 6.1mm～8.6mm、平均値で 6.8mm であり、引張の場合には天然根曲材では 3.1mm～6mm、平均値で 4.3mm の変形を生ずるのに対し、積層梁曲材B型では 3.7mm～6.1mm、平均値で 5.04mm、C型では 3.6mm～4.9mm、平均値で 4.05mm である。積層梁曲材D型は問題にならぬ位大きな変形を示している。

何れの場合に於ても天然根曲材より積層梁曲材C型の方が撓みが小さく、又B型も概して良い結果を示している。このことは木材の弾性係数は木目の方向によつて著しく異り、繊維に直角の方向では繊維に平行の方向の約 1/10 になるのであるが、積層梁曲材B型及びC型では第1図に示すように板の木目の方向を交互



第 9 図　圧縮曲げモーメント撓みの関係



第 10 図　引張曲げモーメント撓みの関係

若しくは3方向に配置し積層しているので、天然根曲材に比し木目の方向による弾性係数の減少が小さいためと考えられる。

4. 総　　括

（1） 天然根曲材は強力に於て著るしい差異があり同一強力の根曲材を得ることは困難であるため、一律に天然根曲材が最良であるとは云い難い。

（2） 積層梁曲材で最も重要な要件は接着を完全に行うことゝ、力の方向に対し木目を有効に配置することであり、この良否によつて強力に大きな差異が現はれる。

天然根曲材では節、目切れ等の欠点があつた場合この影響が大きいが、積層梁曲材C型のように薄板を数多く積層したものではこの影響は余りないものと考えられる。

今回の試験に於ては積層梁曲材C型は天然根曲材と殆ど同じ強度で、且つその値も安定しているので十分実用に供し得るものと考えられる。

（3） 積層梁曲材C型は天然根曲材に比し変形が小さいので、木船の堅牢を期する上からは有利のようであるが、それだけに構造的にはこの点充分留意の要がある。

（4） 圧縮曲げに対しては何れの梁曲材も梁受板の切欠部に応力が集中してこの部分より破壊するので、この影響を避けるよう梁受板の形状には再考を要するものと思はれる。

（5） 今回は固著釘に加まる力を調べられなかつたが、咽喉釘部の螺釘には多少彎曲を生じたものもあり、

且つ引張曲げの際梁腕端取付螺釘部に於て剪断力による割れを生じているものが多いので、固著釘の座金を大きく堅牢にする等、固著釘についても更に検討せねばならない。

（6） 製作費用の点については積層梁曲材ではC型が最も廉価であり、たつた10個の試作でも天然根曲材と略々同等であるので量産すれば更に安くなるものと考えられる。

むすび

木船建造に必要な彎曲材の需要が増大している現在、これを多量に而も安価に製作することは緊急の問題である。この対策としては耐水性良好な接着剤を用い接着を完全に行い、荷重の方向に対し木目を有効に配置し、且つ薄板を多数積層して材質を均一に近からしむる等、十分の注意を払えば天然根曲材以上の強度を持つ積層梁曲材が得られる確信が出来た。

彎曲材の問題は早急に解決すべき重要な問題であり、以上の実験を基にして今後繰返し荷重に対する実験を行う等、更に研究を進めたいと考えている。

漁船機關のシリンダー等の摩耗について—V

清水三郎、草間喜代松、三浦喜晃、山田敏夫、石渡　晃

概　　要

吾々はシリンダーの摩耗対策として、主にクローム鍍金について研究して来たが、一方クローム鍍金に依らず材質構造等の面からも、その摩耗対策を研究している。又これと関聯しピストンリング及びピストンのリング溝の摩耗対策についても、多少の実験に着手している。本報告は、諸実験の中効果のあるもの見込みのあるものを紹介するものである。

Ⅰ．ヴアナジウム鋳鉄シリンダーの実験

Ⅱ．多孔質ピストンリングの実験（第一回）

Wears of Cylinder etc of Fishing Boat Engine—V

Abstract

To prolong the life-time of cylinders, authors have made many tests of chromium plated bores (see Report No. 2, 3, 4) and other means. And in relation to this problem, they have great attensions on wears of piston rings and piston ring grooves of pistons. This paper presents some promissing results from many tests.

I. Tests of cylinder liners, contain vanadium.

II. Porous piston rings.

Ⅰ．ヴアナジウム鋳鉄シリンダの実験

小量のヴアナジウム（0.35%以下）を配合すると、鋳鉄の抗張力、耐熱性及硬度を増加する。ノルウエーの鉄鉱石は、天然に多量のヴアナジウム（0.6～0.7%）とチタン（0.3～0.5%）を含有しているので、多くの欧州のデイゼルシリンダにはヴアナジウム鋳鉄が採用されている。チタン及クローム等も、ヴアナジウムと同様に、材質を緻密にし又硬度及耐熱性にも好影響を与える。

供試シリンダは、ダイヤデイゼル用で、C 3.0% Si 1.7% Mn 0.9% を標準とし、小量のヴアナジウムチタン及クロームを配合した特殊鋳鉄製で、その硬度は H_B 280 位であつた。

供試機関はダイヤデイゼル　1DVA—6A型 16010号機関で、その主要目は次の通りである。

型　　式	4衝程	直立単筒	予燃焼室付
シリンダ内径×行程	110mm×150mm		
標準出力	8 HP		
標準回転数	900r. p. m.		

本機関は、潤滑油ポンプを持ち主軸受類には強圧注油をなす。ピストンはアルミ合金製のもので、又ピストンリングは5本で、第1～第3リングはクローム鍍金リング、第4及第5リングはオイルリングで、第5リングはピストンピンの下にある。冷却水はオイルクーラーを通つてシリンダに入り、シリンダ及シリンダ冠を冷却する。

本実験の第一回は、一応摺合運転済みで入手したものについて直ちに 1,000r. p. m. 8.5HP で耐久試験を行つたが、第二回は新品のシリンダ及ピストン等について、同一の運転試験を繰返してその効果を確認した。何れも同一機関で空気動力計を直結し、第一回は合計 500 時間、又第二回は先づ無負荷 500r. p. m. で20時間摺合運転を行つた後、合計 300 時間運転を行つた。運転前、摺合運転後及 1,000r. p. m. 8.5 HP運転100 時間毎に最小限度の分解をして、シリンダ内径及ピストンリング等の計測を行つた。第一回に於いては

第1乃至第3リングの高さ（軸方向：B寸）は何れも4mmであつたが、第二回には第1リングのみ3mmのものを使用した。使用燃料は、第一回及第二回の183時間目まで三菱石油B重油、以後は東洋石油のB重油又潤滑油は共に三菱石油30番モビール油を使用した。

第一回、第二回を通じて、運転状態は終始良好であつた。運転中一時間毎に計測した運転性能諸元の概要を第1及第2表に示す。

第1表　第一回運転性能諸元の概要

運転期日			0～100hr 自昭28-9-8 至同9-24	100～200hr 自昭28-10-3 至10-21	200～300hr 自昭28-10-26 至11-13	300～400hr 自昭28-11-18 至12-4	400～500hr 自昭28-12-11 至昭29-1-13
出力 HP			8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
回転数 R.P.M.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
燃料消費率（平均）gr/HP-hr			234	226	229	228	237
噴射器の燃料漏油量（平均）gr/HP-hr			0.8	1.1	1.3	0.9	0.9
潤滑油消費量（平均）gr/HP-hr			6.8	13.1	7.9	12.8	3.4
冷却水温度	オイルクーラー入口	最高 °C	23.0	21.0	18.2	14.6	12.9
		最低 °C	21.0	18.0	15.8	11.9	7.2
		平均 °C	21.9	19.2	17.4	13.4	11.4
	オイルクーラー出口（機関入口）	最高 °C	23.7	21.7	19.2	15.1	13.7
		最低 °C	21.1	18.3	16.0	11.0	7.3
		平均 °C	22.4	19.8	17.9	13.9	12.1
	機関出口	最高 °C	43.4	42.0	37.9	35.9	33.9
		最低 °C	35.7	36.9	31.0	28.3	25.0
		平均 °C	38.7	39.6	35.1	32.9	31.6
排気温度		最高 °C	337	372	374	382	372
		最低 °C	301	310	299	325	340
		平均 °C	320	343	327	356	356
潤滑油温度（起動後一時間目より計測）	クランクケース内	最高 °C	61.9	55.7	55.8	51.0	51.8
		最低 °C	45.0	41.5	44.0	33.0	41.0
		平均 °C	54.9	49.1	50.0	45.4	47.5
	オイルクーラー入口	最高 °C	41.5	37.0	35.0	30.8	31.3
		最低 °C	31.1	27.5	27.0	17.7	19.5
		平均 °C	36.3	31.6	30.5	25.4	25.8
	オイルクーラー出口	最高 °C	30.3	27.0	26.9	22.2	23.0
		最低 °C	23.3	20.0	19.0	12.8	11.3
		平均 °C	26.3	22.9	22.0	17.0	16.8
潤滑油圧力 kg/cm²			2.0	2.1	2.1	2.1	2.1
室内温度		最高 °C	31.0	25.2	25.0	18.1	18.7
		最低 °C	20.8	17.4	13.8	7.6	5.6
		平均 °C	25.0	21.0	18.6	12.9	12.4
起動回数			14	15	14	13	15
使用燃料 B重油比重			三菱石油 B重油 0.912(15.0°C)	同左	同左	同左	同左
使用潤滑油 30#モビール比重			三菱石油 30#モビール 0.947(15.0°C)	同左	同左	同左	同左

第 2 表　第二回運転性能諸元の概要

運転期日				0～100hr 自昭29-5-19 至 〃 6-11	100～200hr 自昭29-6-16 至 〃 7-1	200～300hr 自昭29-7-6 至 〃 7-22
出力			HP	8.5	8.5	8.5
回転数			R.P.M.	1,000	1,000	1,000
燃料消費率（平均）			gr/HP-hr	223	228	226
噴射器の燃料漏油量（平均）			gr/HP-hr	1.1	1.6	1.2
潤滑油消費量（平均）			gr/HP-hr	0.9	0.9	3.3
冷却水温度	オイルクーラー入口	最高	°C	19.1	20.0	21.0
		最低	°C	16.8	17 3	18.9
		平均	°C	18.0	18.5	19.8
	オイルクーラー出口（機関入口）	最高	°C	19.8	20.5	21.2
		最低	°C	16.9	17.3	19.0
		平均	°C	18.6	19.1	20.4
	機関出口	最高	°C	39.9	40.9	42.3
		最低	°C	34.2	35.8	35.6
		平均	°C	38.7	39.3	40.3
排気温度		最高	°C	389	393	395
		最低	°C	354	355	348
		平均	°C	369	365	369
潤滑油温度（起動後一時間目より）	クランクケース内	最高	°C	57.0	58.1	55.4
		最低	°C	44.2	47.0	47.0
		平均	°C	50.1	52 9	52.0
	オイルクーラー入口	最高	°C	37.0	38.2	36.7
		最低	°C	28.8	28.8	29.0
		平均	°C	32.8	34.2	33.6
	オイルクーラー出口	最高	°C	26.0	29.8	26.1
		最低	°C	19.7	20.3	20.9
		平均	°C	22.9	24.3	23.8
潤滑油圧力			kg/cm²	2.2	2.2	2.3
室内温度		最高	°C	24.0	26.2	26 9
		最低	°C	16.1	16.3	18.3
		平均	°C	20.5	22.3	23.1
起動数				13	14	14
使用燃料比重				0～183hr 三菱石油 B重油0.912(15°C)	183～300hr 東洋石油 B重油0.915(15°C)	
使用潤滑油比重				0～300hr 三菱石油 30#モビール油 0.947(15°C)		

第一回に於いて、135時間頃から排気温度が稍高く、ノッズルからゝ漏洩燃料が少なくなった。爆発音が比較的静かになりノッズルには噴射波が感じられなかつた。137時間には排温が533°Cにまで上昇したので停止してノッズルの点検を行つた処、霧化せず噴射圧は殆どなかつた。ニードルの焼付かと思つて分解した処、噴射圧調整バネが折損していた。バネを交換して噴射圧を100kg/cm²に調整して（折損前は工場で120kg/cm²に調整したまゝであつた）運転を続けた。その起動当初は排温が約20°C高かつたが、間もなく定常に戻つた。200時間頃から煙色が漸次濃くなつた。400時間後、第4（オイル）リングを折損した為交換した結果、煙も薄く、潤滑油消費量も少なくなつた。300時間以後クラッチハンドル部からガスもれがしてハンドルが汚れるようになつた。燃焼室内は各分解の際ノッズル側にカーボンの堆積が見られたが、他の部分は乾いておりカーボンも少なかつた。各分解の際潤滑油はシリンダえは薄く一様に、又ピストンえは極

めて潤沢に回つていた。リングのカーボン堆積は500時間後に第1乃至第3リング内側に少しくあつた。リング溝のカーボン堆積は200時間後から漸次多くなつた。何時も第1リングに最も多く、第2、第3と少くなり、第4リング以下には見られなかつた。

第二回に於ける経過は、300時間近くになつてクラッチハンドル部からのガスもれがあり、200及300時間後分解時第1リング合口附近に、又第1リング溝に多くカーボン堆積があつた。その他分解時の状況は第一回と殆ど同じであつた。

第3及第4表はシリンダ内径計測値で、四方向の平均値を以つて示した。計測位置は第1図に示した。第2図は第1乃至第4リング上死点位置に於けるシリンダ摩耗経過を第一回、第二回の平均摩耗量を以つて示した。

第3表　V鋳鉄シリンダの実験第一回、シリンダ内径計測値

基準：110mm　単位：1/100mm

計測位置		1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
運転	前	3.4	4.3	4.2	4.1	4.4	5.2	5.1	5.2	4.5	4.6
高力運転 100hr	後	3.4	7.5	6.7	7.5	8.9	6.9	5.7	5.7	4.8	4.8
	差	0.0	3.2	2.5	3.4	4.5	1.7	0.6	0.5	0.3	0.2
200 hr	後	6.2	16.0	12.3	12.0	13.0	8.7	6.5	6.2	5.0	4.9
	差	2.8	8.5	5.6	4.5	4.1	1.8	0.8	0.5	0.2	0.1
300 hr	後	7.3	19.5	16.8	17.7	18.4	10.4	7.0	6.6	5.2	4.9
	差	1.1	3.5	4.5	5.7	5.4	1.7	0.5	0.4	0.2	0.0
400 hr	後	8.0	24.1	20.4	23.0	23.8	11.9	7.3	6.8	5.3	4.9
	差	0.7	4.6	3.6	5.3	5.4	1.5	0.3	0.2	0.1	0.0
500 hr	後	9.2	27.9	25.1	28.5	31.4	13.7	7.6	7.0	5.4	4.9
	差	1.2	3.8	4.7	5.5	7.6	1.8	0.3	0.2	0.1	0.0
高力100hr当り平均摩耗率 1/100mm 直径/100hr		1.2	4.7	4.2	4.9	5.4	1.7	0.5	0.36	0.18	0.06

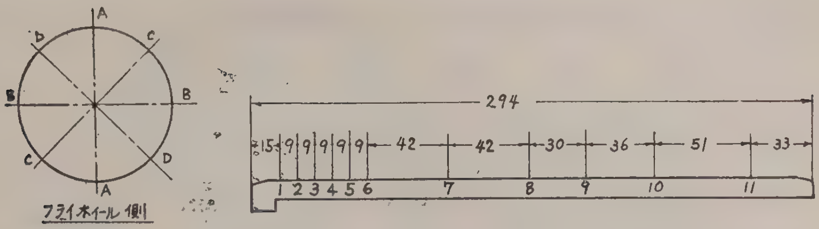
備考：　各計測位置に於ける A-A，B-B，C-C，D-D 方向の平均値で示す。

第4表　V鋳鉄シリンダの実験第二回、シリンダ内径計測値

基準：110mm　単位：1/100mm

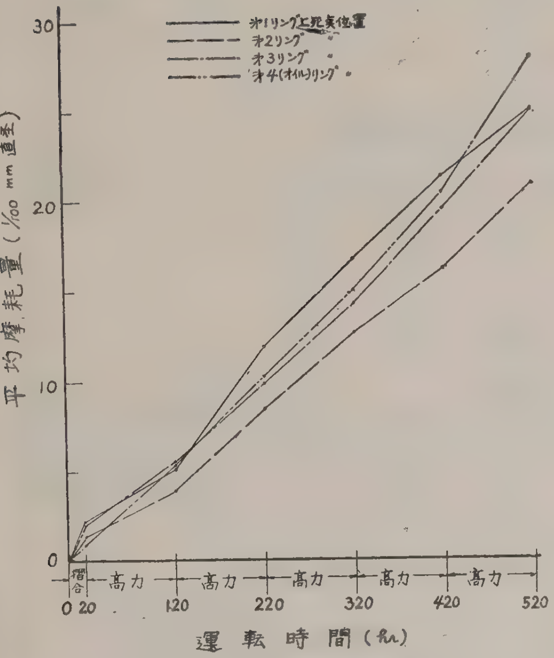
計測位置		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
運転	前	2.9	2.3	1.9	1.5	1.5	1.5	2.0	2.3	2.7	1.7	1.8
摺合運転	後	3.1	4.6	3.3	3.5	2.4	2.1	2.5	2.8	3.1	2.0	1.9
	差	0.2	2.3	1.4	2.0	0.9	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1
高力運転 100 hr	後	3.2	7.0	5.8	7.1	6.8	6.8	4.3	3.8	3.8	2.1	2.0
	差	0.1	2.4	2.5	3.6	4.4	4.7	1.8	1.0	0.7	0.1	0.1
200 hr	後	4.1	12.0	9.3	11.3	12.4	11.6	6.1	4.2	4.1	2.2	2.0
	差	0.9	5.0	3.5	4.2	5.6	4.8	1.8	0.4	0.3	0.1	0.0
300 hr	後	4.7	18.2	13.2	14.4	16.6	15.6	7.3	4.8	4.3	2.2	2.0
	差	0.6	6.2	3.9	3.1	4.2	4.0	1.2	0.6	0.2	0.0	0.0
高力100hr当り平均摩耗率 1/100mm 直径/100hr		0.53	4.5	3.3	3.6	4.7	4.5	1.6	0.67	0.4	0.07	0.03

備考　　各計測位置に於ける A-A，B-B，C-C，D-D 方向の平均値で示す。



計測位置　1：　ピストン頂部上死点
2：　第1リング上死点
3：　第2ソリング上死点
4：　第3リング上死点
5：　第4（オイル）リング上死点
6：　任意に定めた点
7：　〃
8：　〃
9：　第1リング下死点
10：　任意に定めた点
11：　〃

第1図　計測位置



第2図　シリンダ摩耗経過

第1乃至第3リングはクローム鍍金であり、第4リング（オイルリング）はクローム鍍金ではない為、夫々の上部死点位置に於けるシリンダの摩耗に明らかにクローム鍍金の効果が現われ、オイルリングもクローム鍍金すべきであることを現わしている。即ち第1リングと第2リングの上部死点位置の摩耗は大体平行して進んでいるのに、第3リング上部死点位置は案外摩耗している。第4リング上部死点位置の摩耗の多いことが影響していると考える。各リングのクローム鍍金の寿命が短かく摩滅し易いので、100時間毎には全部新品と交換する要がある。第一及第二回の各運転試験では交換の時期が異なり、第一回では鍍金の摩滅した状態で運転された時間が多いので、シリンダの摩耗も多く現われている。第一之実験に於いて、第1リング上部死点位置のシリンダ摩耗は、100時間目乃至200時間目の間に異状に進展しているが、200時間終了後第1リングのクローム鍍金は全滅していた。余程前から摩滅していたものと思われる。又第二回には、漸次第1リング上部死点のシリンダ摩耗が増加しているが、第1リングのクローム鍍金の摩滅も多くなつている。このリングのクローム鍍金の摩滅がなければ、本シリンダの摩耗率は一層低下出来る。

第5及第6表は各ピストンリングの重量計測値で、摩耗による重量低減経過の平均を第3図に示した。第一回と第二回とでは、リング交換の時のクローム鍍金の摩滅状態に差異があるが、そのまゝ平均したものである。第7及第8表は各ピストンリングの高さ（軸方向：B寸）、第9及第10表は厚さ（半径方向：T寸）の計測値で五ケ所で計測の平均値を以つて示した。第4及第5図は夫々、同様にして平均したこれらの摩耗経過を示す。

第6図及第7図には第1乃至第3リングのクローム鍍金の摩滅経過を示した　白い部分はクローム鍍金の健在な箇所である。これ等リングのクローム鍍金厚さは 0.1 mm であるが、何れも200時間の寿命はなか

第5表 第一回ピストンリング重量計測値

単位：gr

	第1リング	第2リング	第3リング	第4（オイル）リング	第5（オイル）リング	
運転 前	41.65	42.09	41.37	36.35	35.59	
高力運転 100hr 後	40.64	41.63	41.07	35.52	35.47	
差	1.01	0.46	0.30	0.83	0.12	
200hr 後	38.97	41.08	40.79	35.06	35.36	
差	1.67	0.55	0.28	0.46	0.11	
	40.58	40.71				第1及第2リングクロームメツキ摩滅せる為交換す
300hr 後	39.69	40.34	40.43	34.66	35.28	
差	0.89	0.37	0.36	0.40	0.08	
400hr 後	38.37	39.92	39.77	34.31	35.19	
差	1.32	0.42	0.66	0.35	0.09	
	40.91		40.94	36.54		第1及第3リングクロームメツキ摩滅せる為第4リング取扱中折損せる為交換す
500hr 後	39.40	39.09	40.61	36.02	35.10	
差	1.51	0.83	0.33	0.52	0.09	
平均摩耗率 gr/100hr	1.28	0.53	0.39	0.51	0.10	

第6表 第二回ピストンリング重量計測値

単位：gr

	第1リング	第2リング	第3リング	第4（オイル）リング	第5（オイル）リング	
運転 前	30.42	41.09	40.92	34.36	33.92	
摺合運転 後	30.29	41.01	40.90	34.35	33.90	
差	0.13	0.08	0.02	0.01	0.02	
高力運転 100hr 後	29.35	40.42	40.33	33.64	33.79	
差	0.94	0.59	0.57	0.71	0.11	
	30.56	40.80	40.74			第1リングクローム鍍金摩滅せる為交換す 第2、第3リング交換
200hr 後	29.19	40.50	40.42	33.04	33.66	
差	1.37	0.30	0.32	0.60	0.13	
	30.55					第1リングクローム鍍金摩滅せる為交換す
300hr 後	28.82	39.95	40.06	32.57	33.52	
差	1.73	0.55	0.36	0.47	0.14	
平均摩耗率 gr/100hr	1.35	0.48	0.42	0.59	0.13	

第7表 第一回ピストンリング高さ(B)計測値

基準：第1〜3リング 4mm
　　　第4〜5リング 5mm
単位：mm

	第1リング	第2リング	第3リング	第4（オイル）リング	第5（オイル）リング	
運転 前	—0.047	—0.033	—0.042	—0.019	—0.012	
高力運転 100hr 後	—0.077	—0.040	—0.044	—0.020	—0.012	
差	0.030	0.007	0.002	0.001	0.000	
200hr 後	—0.107	—0.048	—0.049	—0.020	—0.013	
差	0.030	0.008	0.005	0.000	0.001	
	- 0.020	—0.019				第1及第2リング交換す
300hr 後	—0.064	—0.035	—0.054	—0.021	—0.014	
差	0.044	0.016	0.005	0.001	0.001	
400hr 後	—0.097	—0.048	—0.061	—0.021	—0.014	
差	0.033	0.013	0.007	0.000	0.000	
	- 0.019		—0.018	—0.015		第1第3及第4リング交換す
500hr 後	—0.069	—0.058	—0.029	—0.018	—0.014	
差	0.050	0.010	0.011	0.003	0.000	
平均摩耗率mm/100hr	0.037	0.011	0.006	0.001	0.000	

第 8 表　第二回ピストンリング高さ（B）計測値

基準：第1リング　3mm
　　　第2～3リング 4mm
　　　第4～5リング 5mm
単位：mm

		第1リング	第2リング	第3リング	第4（オイル）リング	第5（オイル）リング	
運転	前	−0.026	−0.019	−0.020	−0.023	−0.022	
摺合運転	後	−0.052	−0.031	−0.023	−0.023	−0.022	
	差	0.026	0.012	0.003	0.000	0.000	
高力運転　100hr	後	−0.079	−0.041	−0.029	−0.026	−0.022	
	差	0.027	0.010	0.006	0.003	0.000	
		−0.022	−0.018	−0.018			第1～3リング交換す
200hr	後	−0.067	−0.029	−0.029	−0.027	−0.023	
	差	0.045	0.011	0.011	0.001	0.001	
		−0.021					第1リング交換す
300hr	後	−0.072	−0.038	−0.033	−0.027	−0.023	
	差	0.051	0.009	0.004	0.000	0.000	
平均摩耗率mm/100hr		0.041	0.010	0.007	0.001	0.000	

第 9 表　第一回ピストンリング厚さ（T）計測値

基準：第1～3リング 4.5mm
　　　第4～5リング 4.4mm
単位：mm

		第1リング	第2リング	第3リング	第4（オイル）リング	第5（オイル）リング	
運転	前	+0.010	+0.016	−0.017	−0.018	+0.004	
高力運転　100hr	後	−0.089	−0.030	−0.051	−0.123	−0.025	
	差	0.099	0.046	0.034	0.105	0.029	
200hr	後	−0.229	−0.077	−0.079	−0.193	−0.049	
	差	0.140	0.047	0.028	0.070	0.024	
		−0.013	+0.023				第1及第2リング交換す
300hr	後	−0.091	−0.040	−0.116	−0.252	−0.063	
	差	0.078	0.063	0.037	0.059	0.014	
400hr	後	−0.198	−0.057	−0.177	−0.296	−0.082	
	差	0.107	0.017	0.061	0.044	0.019	
		+0.001		+0.010	+0.034		第1第3及第4リング交換す
500hr	後	−0.123	−0.137	−0.026	−0.047	−0.094	
	差	0.124	0.080	0.036	0.081	0.012	
平均摩耗率mm/100hr		0.110	0.051	0.039	0.072	0.020	

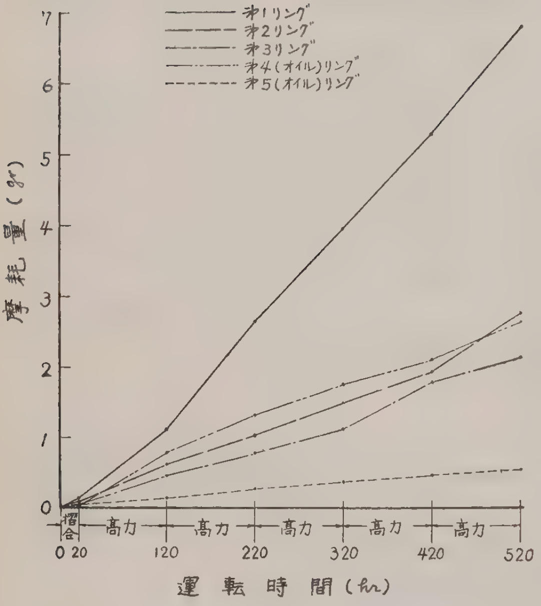
第 10 表　第二回ピストンリング厚さ（T）計測値

基準：第1～3リング 4.4mm
　　　第4～5リング 4.0mm
単位：mm

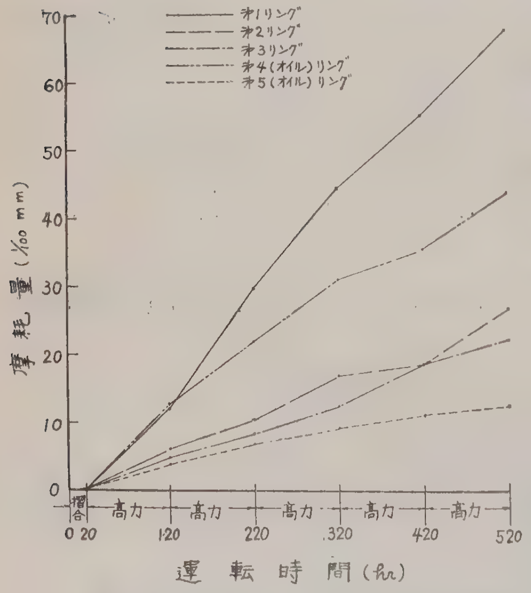
		第1リング	第2リング	第3リング	第4（オイル）リング	第5（オイル）リング	
運転	前	+0.015	+0.031	+0.008	+0.024	−0.005	
摺合運転	後	+0.015	+0.031	+0.008	+0.014	−0.015	
	差	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010	
高力運転　100hr	後	−0.125	−0.045	−0.057	−0.154	−0.045	
	差	0.140	0.076	0.065	0.168	0.030	
		+0.030	−0.005	+0.004			第1～第3リング交換す
200hr	後	−0.182	−0.042	−0.035	−0.263	−0.078	
	差	0.212	0.037	0.039	0.109	0.033	
		+0.009					第1リング交換す
300hr	後	−0.207	−0.108	−0.078	−0.348	−0.111	
	差	0.216	0.066	0.043	0.085	0.033	
平均摩耗率mm/100hr		0.189	0.060	0.049	0.121	0.032	

つた。特に第1リングは100時間の耐久力もない。第二回では100時間運転後、第2及第3リングの鍍金は健在ではあつたが、200時間目迄耐える見込みがなかつたので全部新品と交換した。

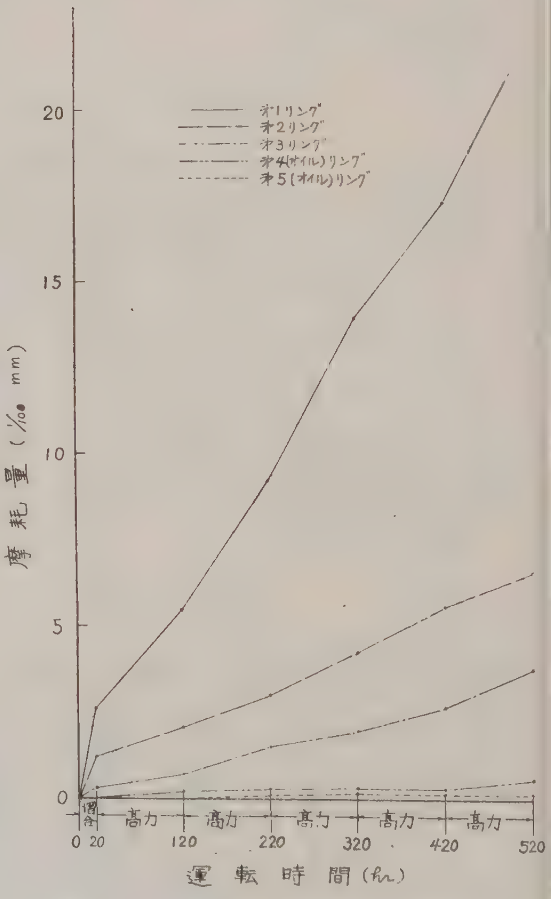
本シリンダの第1リング上死点位置の摩耗経過を、諸種シリンダのそれと比較して第8図に示した。従来のFc23鋳鉄に比して、遙かに有効なことが認められる。リングのクローム鍍金の摩滅防止が出来れば実用価値がある。



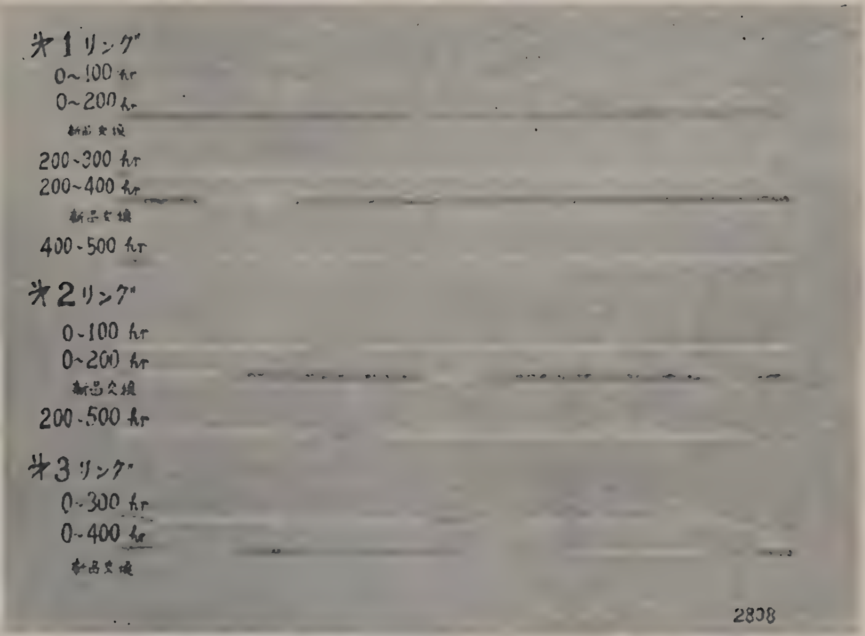
第3図　ピストンリング重量摩耗経過



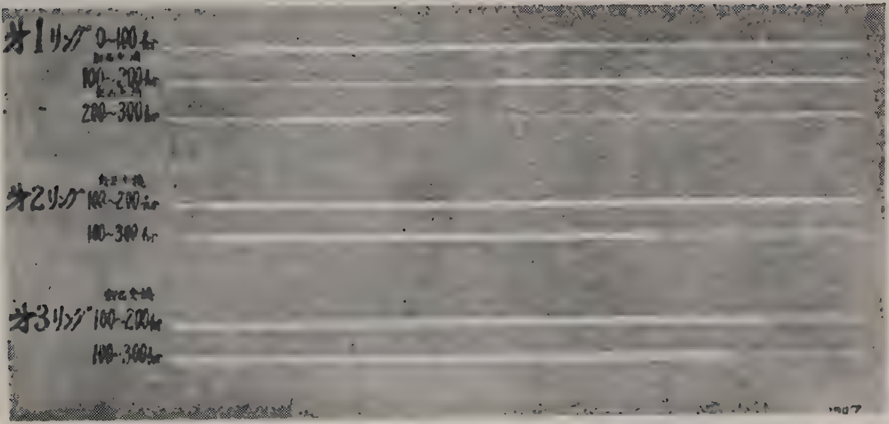
第5図　ピストンリング厚さ T)摩耗経過



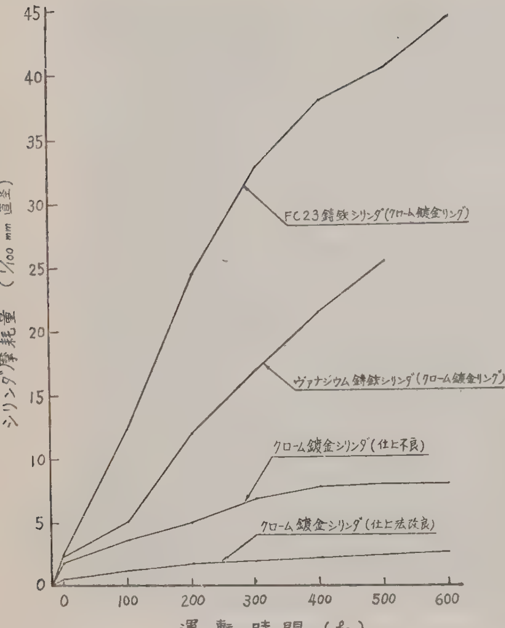
第4図　ピストンリング高さ(B)摩耗経過


才1リング
0~100 hr
0~200 hr
新品交換
200~300 hr
200~400 hr
新品交換
400~500 hr
才2リング
0~100 hr
0~200 hr
新品交換
200~500 hr
才3リング
0~300 hr
0~400 hr
新品交換
2808

第 7 図　第一回第1乃至第3リングのクローム鍍金摩減経過


才1リング 0~100 hr
新品交換
100~200 hr
新品交換
200~300 hr
新品交換
才2リング 100~200 hr
100~300 hr
新品交換
才3リング 100~200 hr
100~300 hr

第 7 図　第二回第1乃至第3リングのクローム鍍金摩減経過



第 8 図　第1リング上死点位置に於ける諸種シリンダの摩耗経過比較

Ⅱ　多孔質ピストンリングの実験

（第一回）

内燃機関に於けるピストンリングは燃焼室の気密及び油密の他、ピストンからシリンダ壁への熱伝達作用も果たすことになつているので、シリンダやリング等が摩耗すると、これらの諸機能が不充分になり色々の不具合が生じてくる。

ピストンには通常ガスリングが3本乃至5本とりつけられるが、摩耗の最も激しいのは第1リングで、第2リング以降の摩耗は遥かに少いのが定石である。当研究室では、ダイヤデイゼルを標準出力で長時間運転しているが、その結果も同様で、第1リングの摩耗は500時間に平均 3.06～6.75gr で、第2リングはその約½、第3リングは更に少い。ピストンリングの摩耗する部分は、シリンダ内壁と摺動する面（T寸）と、ピストンのリング溝面と摺動する面（B寸）とであるが、前者は後者の約3倍摩耗する。

これらリングの摩耗する原因はシリンダ内壁のそれと同一で、シリンダ内壁の摩耗が常に各リングの上死点位置で甚しく、スカート部で少いことからリングの摩耗もシリンダのこの部分で多く発生することが推察出来る。この部分で両者間に適当に潤滑油が存在すれば摩耗は少いのであらうがその調節は極めて困難である。シリンダ内壁とリングとの間の潤滑油は、リング及びピストンが下死点に於いて、シリンダのスカート部内面から受け取つてくるものであるから、それを潤沢にすることは出来るが、それ等の表面に附着した潤沢な油の一部は、上死点で慣性の為燃焼室に放擲されて燃焼し消費量増大となり、又一部は燃焼ガスの高熱の為変質しスラッヂやワニス状のものを生成し、リングの作動を阻害することになるので、有効に使われず却つて有害なのである。その為、オイルリングで油量を制限し、第1リング上死点部には必要最小限度の油量が到達する様にしてある。その必要最小限度の量は焼付かない為のものであつて、摩耗防止上必要最小限度のものとすることは出来ない。この不都合な事情を緩和する為に、多孔質材料のピストンリングを考へた。即ち所謂オイルレスベアリングと同構造の材質でリングを作れば油をよく吸蔵し、慣性により油を失うことはなく、その表面が高温になり又は高圧を受ければ、内部から油を滲出せしめ、又短時間高温ガスに曝され表面の油が変質しても内部の油は変質することなく滲出してくるだらう。更に、リングの比重が小さくなり、高速機関ではピストンのリング溝の摩耗を緩和出来るだろう。

多孔質リングの材料としては、鉄粉を焼結したもの及び鉄材の焼戻を何回も繰返へし生ぜしめたものが考へられる。

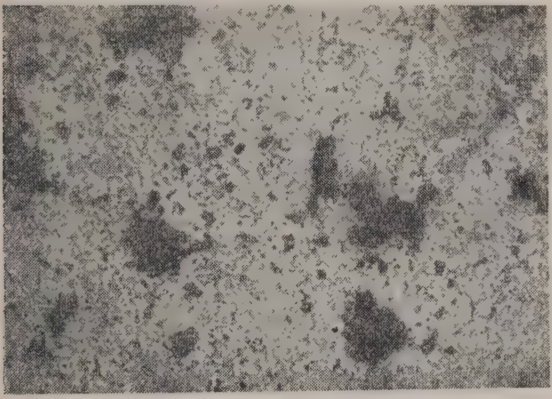
この多孔質ピストンリングを試作するに当り、その材質成分を如何にするか等は全々見当がつかず、第一にその様なものでピストンリングが構成出来るか否かも不明であつた。頭初鉄のオイルレスベアリング製造者に提案した所、或る所ではとてもピストンリングの様に弾性を必要とするものには向かない。形が出来ても拡張してピストンに装着することは出来ないだろうと云つて断られたのである。然し、東京焼結金属会社では、兎に角第一回試作は運転試験を目的とせず、只形を作つて見て見込があるか否かを検討し、その上で成分処理法等を考慮して運転試験用のものを試作しようと云うことで協力してくれた。尚同社の内藤社長は、

Automobile Engineer Sept. 1944 に British Piston Ring Co. の Judd 氏による粉末冶金によるピストンリングの文献のあることを指摘され、大いに共鳴されたのであつた。

今回試験に供したものは、東京焼結金属会社の第一回試作品で、帝国ピストンリング会社が加工したもので、上述の如く運転試験迄やる等のものではなかつたが、運転試験の出来ない様な代物ではなく、ピストンに装着も容易であつた。

その成分は、真鍮粉（銅7亜鉛3）2%、銅粉1%、鉄粉97%で、圧成焼結後固形滲炭材で滲炭し（滲炭後炭素量0.6~0.7%）、900°C から油焼入し、350~400°C で3時間焼戻したものである。

完成品の弾性率を測定した結果は、平均 6000kg/mm² で普通の鋳鉄リングの70%であつた。又張力は1.6kg 位で、同寸の普通鋳鉄リングの60%で大分弱かつた。又抗張力は15.7~28.8kg/mm² で普通鋳鉄と同等であつた。硬度は明石のマイクロヴイツカースで調査した結果180~400の範囲で不均一であつた。抗張力も同様に不均一であることから、多孔性の影響ではないと考へられた。又、これ等リングをガソリンに1間浸漬して脱脂後 100°C で1時間半時乾燥し、150~200°C の 30番モビール油に30分間浸漬してその含有量を調査した結果、第2表に示す如く1gr 以上あつた。第1図は供試リング表面の拡大写真である。



第1図　焼結リングの表面　×100

運転試験はダイヤデイゼルで行つた。ピストンは軽合金製で、これに供試リングを三個の他通常のオイルリング二個装着した。シリンダはヴアナジウム鋳鉄製を使用した。

運転要領は供試機関を正規の状態に調整し、先づ無負荷 500R.P.M. で20時間摺合運転を行い、次いで 8.5HP 1,000R.P.M. で100時間運転した。その時の機関の性能諸元の概要は第1表に示した如く、極めて好調子に行われた。

運転試験の結果、各リングの摩耗状況は第2乃至4表と第2乃至4図に示した如く、各リング共すごく摩耗した。即ち第1リングは20時間の摺合運転で0.63gr、次の 8.5HP 1,000R.P.M. 100時間運転で6.41gr 摩耗した。従来通常材質リングについての同様の運転成績としては、クローム鍍金シリンダに対するもののみしか持合せがなく、本試験成績と比較することは出来ないが、第5表に示す如く20時間の摺合運転で平均0.57gr、次の標準出力運転で0.98gr になつている。然るに供試リングのB寸の摩耗は何れも少かつた。即ち第1リングは摺合運転で0.012mm、8.5HP 1,000R.P.M. 100時間で0.028mmであつた。クローム鍍金シリンダに対する普通鋳鉄リングでは夫々、平均0.031mm 及び0.042mm となつている。又ヴアナジウム鋳鉄シリンダとクローム鍍金リングとの組合せの場合の同様実験の結果では、8.5HP 1,000R.P.M. 100時間でB寸の摩耗は 0.03mm で本実験の結果とは大差ない。

次にピストンのリング溝の摩耗を調査した結果第6表で見る如く、問題となるのは第1リング溝であるが供試リングの場合の方が寧ろ少い。

以上の諸成績から、供試リングはT寸の摩耗は極めて多いがB寸の摩耗は少く、又リング溝の摩耗に対しても好影響を与えたと言へる。前述した如く、供試リングは耐摩耗性を充分考慮して試作したものではなく今後の研究により改善し、従来のピストンリングより遥かに優秀なものとなし得る見込は充分ある。本実験は単に多孔質ピストンリングの試作実験に一指を染めたに過ぎないものであつて今後の進展を期待する次第である。

尚本実験に於けるシリンダの摩耗も第7表及び第5図に示す如く、著しいものであつた。

第1表　運転性能諸元の概要

運転期日			0–100hr 自昭29-4- 6 至 -4-21
出力		HP	8.5
回転数		R.P.M	1,000
燃料消費率(平均)		gr/HP-hr	217
噴射器の燃料漏油量(平均)		gr/HP-hr	1.6
潤滑油消費量(平均)		gr/HP-hr	10.6
冷却水温度	オイルクーラー入口	最高°C	16.7
		最低°C	13.0
		平均°C	14.9
	オイルクーラー出口（機関入口）	最高°C	16.9
		最低°C	13.1
		平均°C	15.6
	機関出口	最高°C	37.2
		最低°C	32.1
		平均°C	35.3
排気温度		最高°C	381
		最低°C	348
		平均°C	363
潤滑油温度（起動後一時間より）	クランクケース内	最高°C	55.0
		最低°C	42.9
		平均°C	48.6
	オイルクーラー 入口	最高°C	36.8
		最低°C	26.2
		平均°C	30.8
	オイルクーラー 出口	最高°C	24.6
		最低°C	17.2
		平均°C	20.5
潤滑油圧力 kg/cm²			2.2
室内温度		最高° C	23.6
		最低° C	14.3
		平均° C	18.5
起動回数			13
使用燃料比重			三菱石油B重油0.912(15°C)
使用潤滑油比重			三菱石油 30# モビール 0.947 (15°C)

第2表　ピストンリング重量計測値

単位：gr

		第 1ングリ	第 2リング	第 3リング	第 4オイルリング	第 5オイルリング	備考
乾燥状態		30.47	31.08	31.37			
含油状態		31.90	32.41	32.65			
	差	1.43	1.33	1.28			
含油（重量）率%		4.5%	4.1%	3.9%			
運転	前	31.90	32.41	32.65	33.66	34.61	第1〜3リングは含油状態
摺合運転	後	31.27	31.95	32.26	33.65	34.60	
	差	0.63	0.46	0.39	0.01	0.01	
高力運転 100hr	後	24.86	29.29	31.11	33.26	34.54	
	差	6.41	2.66	1.15	0.39	0.06	

第3表　ピストンリング高さ(B)計測値

基準：第1〜第3リング 4mm
第4〜第5リング 5mm
単位：mm

		第 1リング	第 2リング	第 3リング	第 4オイルリング	第 5オイルリング
運転	前	—0.025	—0.029	—0.025	—0.017	—0.018
摺合運転	後	—0.037	—0.035	—0.031	—0.019	—0.019
	差	0.012	0.006	0.006	0.002	0.001
高力運転 100hr	後	—0.065	—0.056	—0.050	—0.021	—0.019
	差	0.028	0.021	0.019	0.002	0.000

第4表　ピストンリング厚さ(T)計測値

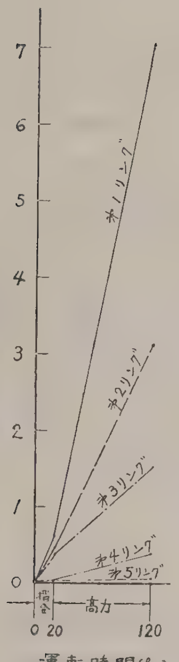
基準：第1〜第3リング 4.4mm
第4〜第5リング 4.5mm
単位：mm

		第 1リング	第 2リング	第 3リング	第 4オイルリング	第 5オイルリング
運転	前	+0.029	—0.001	+0.031	+0.023	+0.015
摺合運転	後	+0.010	—0.008	+0.025	—0.033	+0.013
	差	0.019	0.007	0.006	0.056	0.002
高力運転 100hr	後	—0.879	—0.342	—0.152	—0.129	—0.009
	差	0.889	0.334	0.177	0.096	0.022

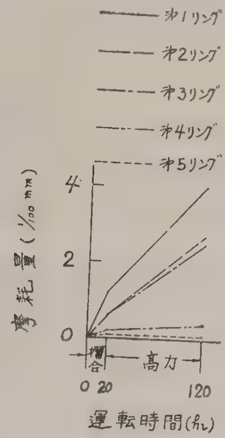
第5表　ピストンリング摩耗量の比較

			摺合運転		次の 8HP 900R.P.M. 運転 100時間		備考
			重量 gr	B寸 mm	重量 gr	B寸 mm	
クローム鍍金シリンダと普通鋳鉄リングとの組合	例1	第1リング	0.15	0.010	1.39	0.060	漁船技報第4号 p 53 参照
		第2リング	0.09	0.008	0.63	0.022	
		第3リング	0.07	0.002	0.39	0.007	
	例2	第1リング	0.21	0.011	0.67	0.022	同上 p 56 参照
		第2リング	0.11	0.006	0.33	0.012	
		第3リング	0.05	0.003	0.20	0.001	
	例3	第1リング	1.76	0.087	1.19	0.067	同上 p 61 参照（第1及第2はテーパーリング）
		第2リング	1.10	0.028	0.74	0.041	
		第3リング	0.51	0.005	0.41	0.012	
	例4	第1リング	0.17	0.006	0.65	0.017	同上 p 66 参照
		第2リング	0.07	0.003	0.24	0.007	
		第3リング	0.05	0.001	0.13	0.004	
	平均	第1リング	0.57	0.031	0.98	0.042	
		第2リング	0.36	0.011	0.49	0.023	
		第3リング	0.17	0.028	0.28	0.006	

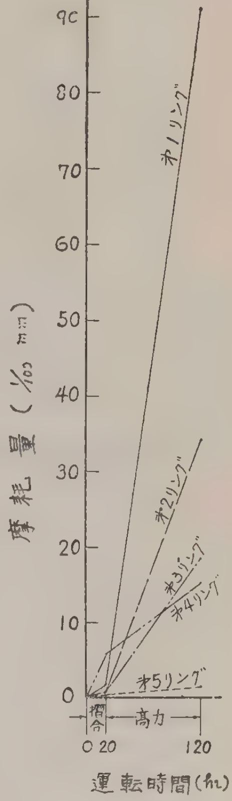
ヴァナジウム鋳鉄シリンダとクローム鍍金リングとの組合	例5	第1リング		—	1.01	0.030	本報 参照 (8.5HP 1,000 R.P.M運転)
		第2リング			0.46	0.007	
		第3リング			0.28	0.002	
	例6	第1リング	0.13	0.026	0.94	0.027	
		第2リング	0.08	0.012	0.59	0.010	
		第3リング	0.02	0.003	0.57	0.006	
	平均	第1リング	0.13	0.026	0.98	0.029	
		第2リング	0.08	0.012	0.53	0.009	
		第3リング	0.02	0.003	0.43	0.004	
	本実験	第1リング	0.63	0.012	6.41	0.028	(8.5HP 1,000 R.P.M運転)
		第2リング	0.46	0.006	2.66	0.021	
		第3リング	0.39	0.006	1.15	0.019	



第2図　ピストンリング重量摩耗経過



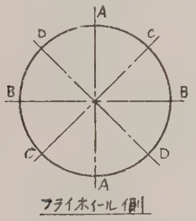
第3図　ピストンリング高さ(B)摩耗経過

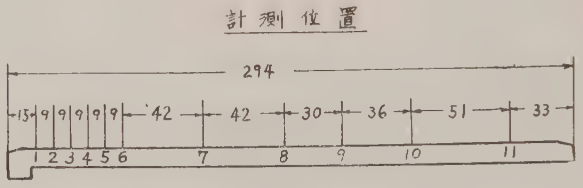


第4図　ピストンリング厚さ(T)摩耗経過

第 6 表 ピストンのリング溝の摩耗
（ヴアナジウム鋳鉄シリンダと軽合金ピストンの組合）

		摺合運転20時間	次の 8.5HP 1,000 R. P. M. 運転 100 時間	備考
例 1	第1リング溝		0.045	クローム鍍金ピストンリング使用 全部B寸 4 mm
	第2リング溝		0.01	
	第3リング溝		0.008	
例 2	第1リング溝	0.03	0.04	クローム鍍金ピストンリング使用第1リングはB寸 3mm他は4mm
	第2リング溝	0.02	0	
	第3リング溝	0.01	0	
平均	第1リング溝	0.03	0.43	
	第2リング溝	0.02	0.10	
	第3リング溝	0.01	0.04	
本実験	第1リング溝	0.03	0	焼結ピストンリング 全部B寸 4mm
	第2リング溝	0.03	0.01	
	第3リング溝	0.01	0.01	





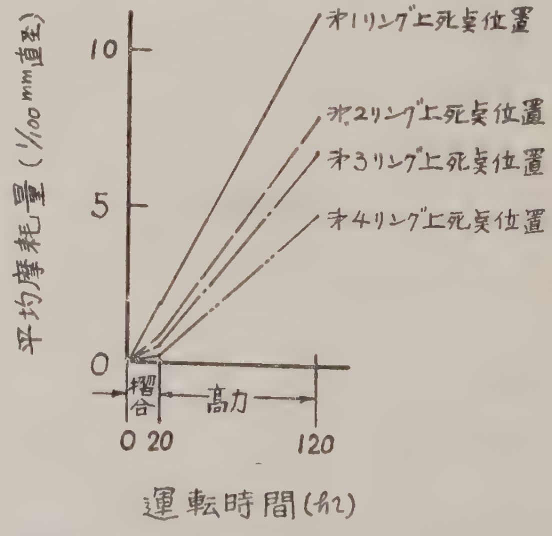
第 7 表 シリンダ内径計測値（焼結リングの実験その1）

基準：110mm
単位：1/100mm

計測位置		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
運転摺合運転	前	7.1	6.4	5.8	5.3	5.1	5.0	5.2	6.0	6.2	5.4	4.8
	後	7.1	8.3	6.7	5.9	5.3	5.1	5.2	6.0	6.3	5.4	4.8
	差	0.0	1.9	0.9	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
高力運転 100hr	後	7.1	17.6	13.7	12.1	9.9	8.5	7.2	6.2	6.4	5.4	4.8
	差	0.0	9.3	7.0	6.2	4.6	3.4	2.0	0.2	0.1	0.0	0.0

備考：各計測位置に於ける A-A、B-B、C-C、D-D 方向の平均値を以つて示す。

計測位置
1: ピストン頂部上死点
2: 第1リング上死点
3: 第2リング上死点
4: 第3リング上死点
5: 第4（オイル）リング上死点
6: 任意に定めた点
7: 〃
8: 〃
9: 第1リング下死点
10: 任意に定めた点
11: 〃



第 5 図 シリンダ摩耗経過（焼結リングの実験その1）

自記式網高さ計、G.R.展開計とそれらのトロール網に就ての実験結果

熊凝武晴、葉室親正、石井謙治

概　　要

底曳網用自記式網高さ計及自記式展開計の第一次毎上実験は28年度二艘曳機船底曳網を対照として実施し、その結果は前号に発表した。その際判明した二、三の欠点を改良し29年７～８月トロール網を対照として実験して実用計器として大体満足な結果を得た。又その記録を解析し大要次の事が判つたので併せて報告する。

① 投網時より着底時迄の漁具の動態
② 曳網中の網漁具の形状
③ 逆風曳網より順風曳網が優れている
④ 風波ある場合の針路の選択の順位
⑤ 曳網速力と網高さとの関係
⑥ 強制浮力（硝子浮子による浮力）と網高さとの関係
⑦ 入網魚量の増加につれ網高さが増大する
⑧ 変針時の網各部の高さの変化
⑨ 揚網時の網漁具の動態

Automatic Net-height Meter and Automatic Ground Rope Indicator For Trawler and Results of Experiments for these Apparatuses

Abstract

The first practical experiment of an Automatic net-height meter and Automatic ground rope indicator for trawlers was made in 1953 fiscal year, and its results were reported in the Techinical Report of Fishing Boat No. 5.

Second experiment was made for trawl net in July and August 1954, after improving a few faults in the previous test, and the results showed that the meter and indicator could be satisfactorily applied for the practical use. This report shows the record of the above mentioned experiment, together with the following results analized from the record.

(1) Movement of the net from when it is thrown overboard to it settled on the sea bottom.
(2) Shape of the net, when it is dragged along the sea bottom.
(3) Superiority of fair-wind trawling than head-wind trawling.
(4) The best way of steering a course for trawling on the windy and rough sea.
(5) Relation between trawling speed and net height.
(6) Relation between buoyancy by glass buoies and net height.
(7) Relation between the amount of fish catch and the net height at the time.
(8) Variation of the height of each part of the net, when the trawler changes her couse.
(9) Variation of the net, when it is hauled onboard.

項目

まえがき
1. 自記式網高さ計、及び自記式G.R. 展開計の改良
  （1） 自記式網高さ計
  （2） 自記式 G.R. 展開計
2. 漁具構造の概略並びに実験位置及び海況
3. 各網の計測部及び記録器の位置と硝子浮子の配置
4. 記録及びその要目
5. 記録の解析
  （1） 投網時からトーイングブロック括約時迄
    (a) 前天井中央部
    (b) スクエヤー後縁中央部
    (c) コッドヘッド前縁中央部
    (d) 袖端部
  （2） 曳網中
    (a) 曳網中の網漁具の形状に就て
    (b) 曳網中の全漁具の形状
    (c) 逆風曳網と順風曳網との網高さの関係
    (d) 曳網中の変針と網高さとの関係
    (e) 網高さと対水速力との関係
    (f) 硝子浮子と網高さとの関係
    (g) 入網魚量と網高さとの関係
    (h) Ground rope の形状
  （3） トーイングブロック解放時より揚網終了時迄の網の動態
    (a) 記録器を水戸口に装着した場合
    (b) 記録器を袖先より42尺内側の G.R. 上に装着した場合
むすび

まえがき

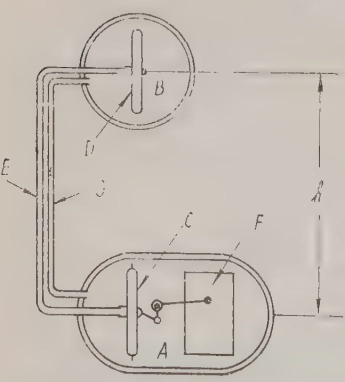
28年度設計試作した自記式網高さ計、自記式 G.R.（Ground rope）展開計の実験は二艘曳機船底曳網で実施しその結果に就ては漁研技報第5号に発表した。その際案内部と本体（記録部）との両空気室の温度差の為に生ずる両室内部圧力差に依る誤差は、両部の内容積の同量化と案内部に設けた空気流通孔の螺子の着脱に依つて一応除去したが、今回完全にこの温度差に依る両空気室の内圧差を除去するため、液体連絡管と同一材料の連絡管に依つて両空気室を通じ両室内の圧力を常に均一になる様に改良した。又記録時計も記録紙の送り速度を速めて解析に際し成果を挙げられる様、従来の6時間1回転のものを6，4，2時間の三段切替へのものとした。この改良した計器の現場実験をトロール網に就て29年6月8日日本水産株式会社所属の明石丸（334屯）と大洋漁業株式会社所属の第23大洋丸（279屯）とで東海に於て行つた。是等の実験結果に就いて報告する。

1. 自記式網高さ計及び自記式 G.R 展開計の改良

（1） 自記式網高さ計

(a) 空気連絡管の増設

A……本体（記録部）
B……案内部
C……記録部受圧空盒
D……案内空盒
E……液体連絡管
F……記録時計
G……空気連絡管



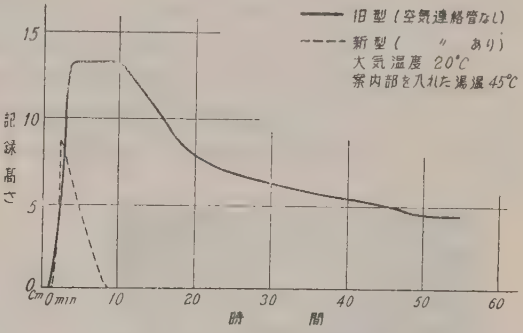
第1図 高さ計の原理(空気連絡管付)

使用時案内部Bは密閉の侭であり記録部Aは使用一回毎に開放して記録紙の取替へ、記録時計の「ゼンマイ」捲き等の作業を行うので、大気圧の変化及び大気及び海水の温度の変化のためA，B両室の内圧に差が生じ高さ記録に誤差が出る恐れがあつた。従来はその対策としてB部に小孔を設

け螺子で閉じていたのをA部開放時にB部の螺子を抜き内部空気と外部空気との入れ替へを行つて居た。是では小孔の開放時間も短く又孔の大きさも小さいので完全に両室の温度を同一のものにはし得なかつた事と操作が面倒であつた。今回の場合は是等の欠点を除くため第1図に示す様に案内部Bと本体Aとの両空気室を連絡管Gで連結して両室の内圧を均一にし、是等に依る空盒変位をなくし記録高さより誤差を消去せしめた。第2図に示したのが旧型と改良型との温度誤差試験の一例である。先ず旧改型共案内部記録部を密閉し記録部と案内部が同高になる様にして案内部のみ45°Cの湯の中に沒入させて原点に於ての誤差とその変化経過とを見た。その時の大気温度は20°Cであつたので両室外囲の温度差は25°Cとなる訳である。旧改型孰れも案内部の容量は同一である。旧型は案内部を湯中に入れて1分間目頃から記録が上昇して3分間目頃に約13.5cmとなり10分目迄続き次第に下降して50分目に4.5cmになつて居るが、以後大体その高さを保持している。改型の方は同様1分間強の処から上昇している。最大高さは約9cmで直ちに下降して8分間目には原点に復帰している。実際に於ては25°Cの温度差は稀であつて、大体現地に於ての温度差は15°C以下であらう。空気連絡管の内径は1.6mmのものを使用したのであるが、今少しく内径の大きなものを使う事に依つて原点復帰の時間を速める事は可能である。従つて改良型を使へば投網後数分間で温度誤差は全く無くなる事になる。

(b)　記録時計

旧型網高さ計の記録時計は自記式温度計等に使用されている砲金製の割合大型のものを使用した。その要目は第1表に示してある通りである。此のドラムの一回転速度は6時間で、5分間の記録幅は約4 mmに過ぎず細い解析には不充分であつたのと、時計内部の機械が中心より偏在していたので、一応の Balance はとつてあつたが記録器と海底との衝撃等のため Acceleration を起し不具合であつた。是等の欠点を除くため改型では軽合金製の第1表の様な性能のものを使用した。



第 2 図　旧改型の温度誤差

此の時計を使用してから殆んど前記の欠点が除去され、細部の解析が割合楽になつた。時間切替へはその時々の計測目的に応じて変へる訳である網の更に細い動きを調べるためには今少し速い速度の時計を装着する事が望ましいので一回転30分間のものを試作する考へである。

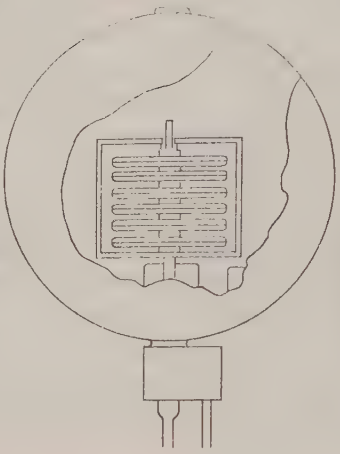
第 1 表　旧改型記録時計の性能

種別 要目	旧　型	改　型
直　径	92mm	71mm
縦　長	90mm	93mm
重　量	880gr	330gr
1回転に要する時間	6 時間	6,4,2,時部の三段切替
記録幅(5分間)	4mm	3.1mm，4.7mm 9.4mm
主なる材料	砲　金	軽合金
様　式	時計全体が回転	外国の筒を回し時計自体は回転せず

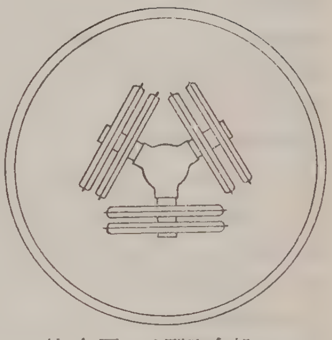
(c)　案内部空盒の配置

旧型のものは第3図に示す様に極く弱い空盒を縦に直列して装着していたゝめにいたずらに縦長となり、その周囲、上部に枠は設けてあるが、案内部の僅かな振動にも付根を基として首振りを起し、謂所付根部で繰返し曲げ現象となつて疲労のため破損する恐れがあつたので、改型は第4図の様に空盒を三組に分け横に120度毎の方向に放射型に装着して此の欠点を除いた。

(d)　記録部筐体



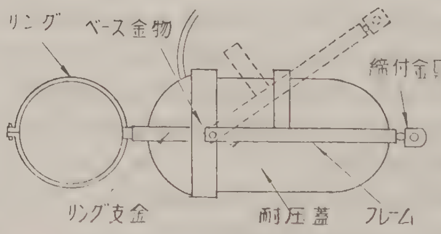
第 3 図　旧型案内部の空盒配置



第 4 図　改型案内部の空盒配置

旧型は記録器全体をトワイン製の袋に入れ G. R. に縛着していたのであるが、計測毎に記録器を解放せねばならぬため、その度毎に袋から出し、記録紙を取り替へた後再び蓋をして袋に入れ G. R. に縛着しなければならなかつた。是では甚だ手数を要し時間的にも不経済であつたので、第 5 図に示す様に本体のベース金物に二本の横棒を相対的に出しその先端に内径 15cm のリングをそれぞれ一個宛装着した。リングの前中央部より上下に開く構造として G. R. に嵌め込みボルトで締括する様にした。又旧型のものは記録部内部構造を覆う耐圧蓋とそれを締める外蓋とで構成していたので、重量的にも抵抗面積から云つても不具合であり、両蓋の間隙に泥砂が詰まつて取り外しに困難であつた。改型では同じく第5，6図に見られる様に外蓋を廢めて簡単なフレーム構造としてそれに附属させた締め金具を緩めてフレームを上方に上げる事で内蓋（耐圧蓋）がすぐ外れる様にした。記録器は計測部位によつては度毎に移動させる必要がないので G. R. に装着した侭簡単に記録紙取替へ等の作業が出来る。

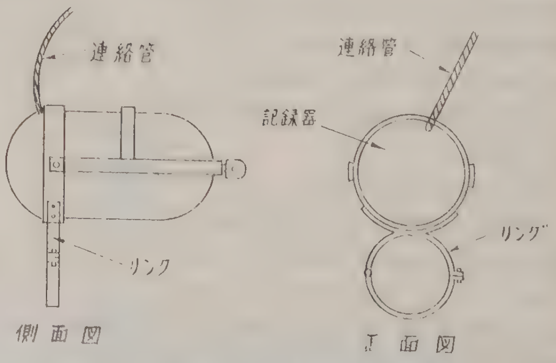
第 5 図　改型記録器の外観（リングを取り外した処)



第 6 図　改型記録器の機構説明図

次に記録器を中央部に装着する場合は前記のリングで足りるが、袖部の G. R. に装着する場合は是では該部 G. R. の傾斜(進行方向に30°～40°の傾斜となる)から見て不都合である。連絡管の長さは一応16mとしているので計測部位が袖部に移つた場合は記録器も袖部 G. R. に移さなければならない。従つて此の様な場合は第5，6 図に示したリング及その支へ棒を取り外し第 7 図の附属金具を装着する。

即ちベース金物の下に取り付けたリングを G. R. にはめ記録器が G. R. 上に乗る格構になり、転倒しない様にトワインで適当にフイッシングラインに結んで置く。是等の装着状況を示したのが第8，9図である。



側面図　正面図

第 7 図　袖部G. R. に記録器を装着する時の取付け金具

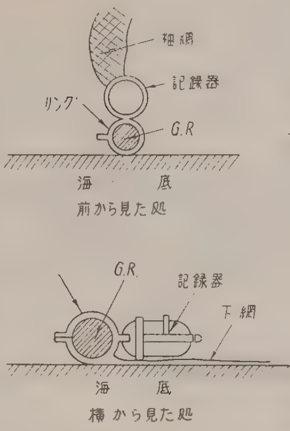
（2） 自記式G. R. 展開計

（a） 記録時計

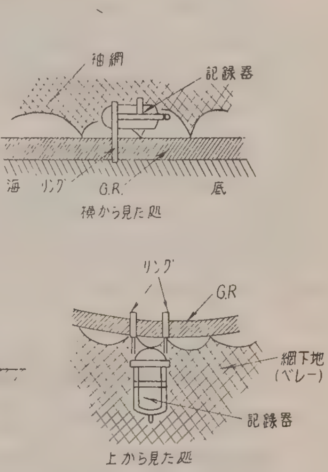
網高さ計の場合と同様旧型のものは砲金製6時間1回転の大型のものを使用したゝめ同様の欠点があつた。改型G. R. 展開計も改型網高さ計に使用した軽合金製軽量小型の 6, 4, 2時間三段切替へのものを用いた。特にG. R. 展開計の記録部の大きさは記録時計の大きさに左右されるので、この小型時計の使用により大いに小型化する事が出来た。

（b） 記録部蓋の構造及びその締付金具

計測の性質から云つても軽量小型である事が望ましいのである。旧型の記録部は記録時計が割合大型であつたゝめ、それに制約されて割合型も大きくなつていたが、改型時計を使用したため相当小型化する事が出来た。第2表に示したのがその要目の比較である。



第 8 図 中央部G. R. に記録器を装着した場合



第 9 図 袖部G. R. に記録録器を装着した場合

構造の方は旧型は耐圧蓋を12本のボルトで締めつけていたが、改型の場合は改型高さ計の様に基台に取り付けた前後に倒れる枠により締め付ける様にした。第10図に示したのがその外観である。従つて耐圧蓋の取外しその他の操作が非常に簡単になつた。又第1次試作のものは左袖G. R. 用のもので手繰網には使用が便利であつたが、トロール網では揚網作業から見て是では一計測毎に左袖も甲板上に揚げねばならぬので甚しく手数がかかつたが今回の改型はトロール網用として右袖G. R. 用の展開計とした。従つて従来の網の操作と大差なく計測出来る。

第 2 表 新旧型G. R. 展開計の要目

	旧 型	新 型
蓋の直経	16.1粍	14.6粍
記録部高サ	18.0粍	15.0粍

（c） 抵抗板角度の増角

旧型の抵抗板角度は0～90度であつたので、90度以上の傾斜が仮りにあつた場合、記録には90° 迄しか出ない事になり、記録90度の場合果して実際値ゥ90度であるのか、制限機構のために90度で止つたのか不明の場合がある。曳網中に於ては殆んど理論的に90度を越へるG. R. の傾斜角は考へられないが、特に二艘曳機船底曳網では「寄セ」「寄セ漕ギ」時に於ての G. R. の横走等複雑な運動が考へられるので更に従来のものより10度拡大して100度迄とした。

第 10 図 改型展開計のG. R. 耐圧蓋を外した状態

（d） 電 蝕 防 止

前述の様に軽量小型が必須条件であるため、最も軽く耐蝕性の軽合金であるヒドロナリユームを用いた。又抵抗板は海底に刺つて進行するので、その磨耗を恐れて砲金とした。従つて抵抗板柄の回転軸（A）と基台（B）であるヒドナリユームとの接触部で電蝕を起し、回転が滑らかでなく固くなつた様な不都合を生じ

たので、基台の孔部（抵抗板柄の回転中心部が入る孔）をクローム鍍金した真鍮金物（C）で周囲を第11図の様に囲み、抵抗板柄もクローム鍍金して直接真鍮とヒドロナリュームとを接せしめない構造とした。

基台回転凹部外壁を埋めたクローム鍍金(C)の金物と基台とはピッチで充分固着した。従つてこの部も異金属間の直接接触は一応避け電蝕を防止した。現在迄支障は起つていない様である。

2. 漁具構造の概略並びに実験位置海況

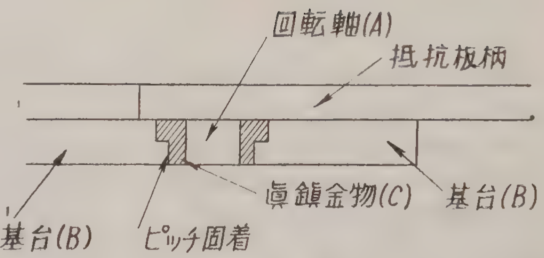
（1） 実験に使用した網漁具の大要

（2） 実験位置及日時

東海　200区（農林漁区）　A網
　　　567区（　〃　）　B網
東京灣羽田沖　C網
29年6月20日～7月11日　A網
〃　7月16日～24日　B網
27年12月22日　C網

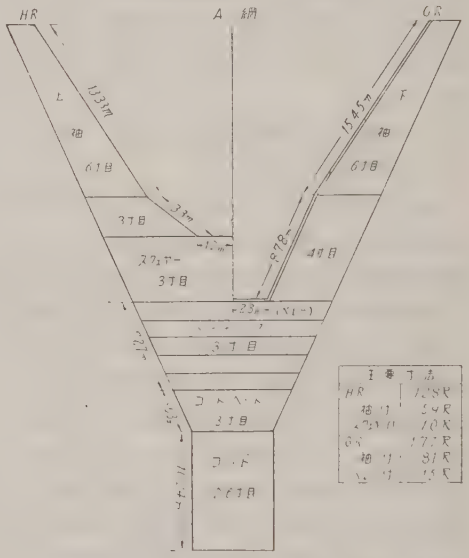
（3） 海況

A網の場合　水深　65m～88m
　　　　　　底質　泥
　　　　　　水温　20°～26°C
　　　　　　気温　19°～27°C
　　　　　　風速　5(ビ)前後



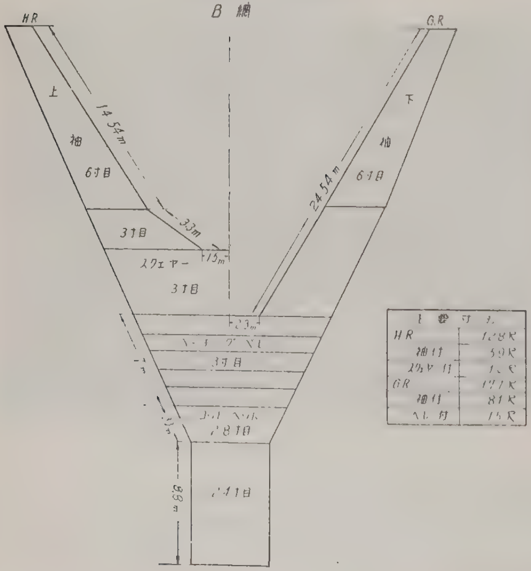
回転軸(A)
抵抗板柄
眞鍮金物(C)
基台(B)
基台(B)
ピッチ固着

第 11 図　基台と抵抗板柄との組合せ



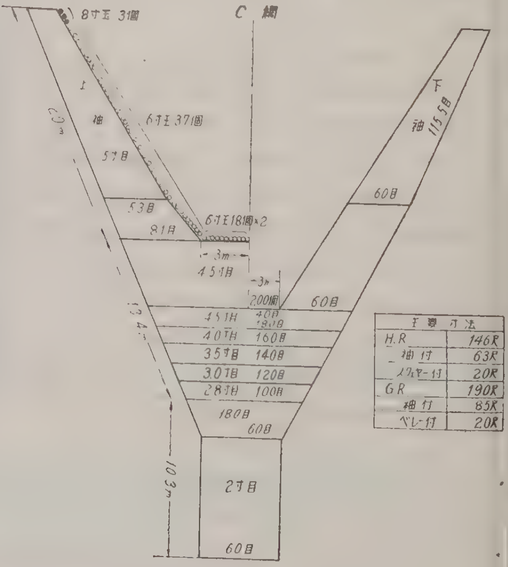
HR
A 網
GR
上
袖
6寸目
13.33m
15.45m
下
袖
6寸目
3.3m
3寸目
1.2m
8.78m
4寸目
スクェヤー
3寸目
23m (ベレー)
3寸目
コドヘト
3寸目
コド
2.6寸目
主要寸法
HR 125R
袖付 54R
スクェヤ付 10R
GR 172R
袖付 81R
ベレ付 15R

第 12 図　A 網 の 概 略



HR
B 網
GR
上
袖
6寸目
14.54m
24.54m
下
袖
6寸目
3.3m
3寸目
1.5m
スクェヤー
3寸目
23m
ベレー
3寸目
コドヘト
2.8寸目
8.8m
2.4寸目
主要寸法
HR 128R
袖付 59R
GR 191R
袖付 81R
ベレ付 15R

第 13 図　B 網 の 概 略



8寸玉 3個
C 網
上
袖
6寸玉 37個
5寸目
53目
81目
6寸玉18個×2
3m
45寸目
下
袖
11.55m
60目
3m
200個
60目
45寸目 400目
40寸目 180目
35寸目 160目
30寸目 140目
28寸目 120目
100目
180目
60目
10.3m
2寸目
60目
主要寸法
H.R 146R
袖付 63R
スクエヤー付 20R
GR 190R
袖付 85R
ベレー付 20R

第 14 図　C 網 の 概 略

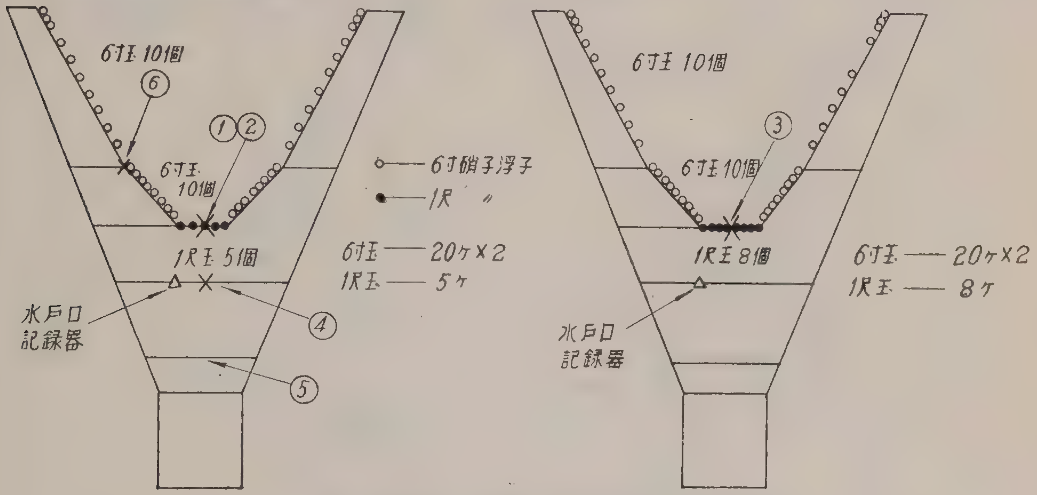
B網の場合　水深　68m～92m
　　　　　　底質　泥
　　　　　　水温　20°～25°C
　　　　　　気温　25°前後
　　　　　　風速　5(ビ)前後

C網の場合　水深　25m
　　　　　　底質　泥
　　　　　　風　　1～2m/sec

3. 各網の計測部位及記録器の位置と硝子浮子の配置

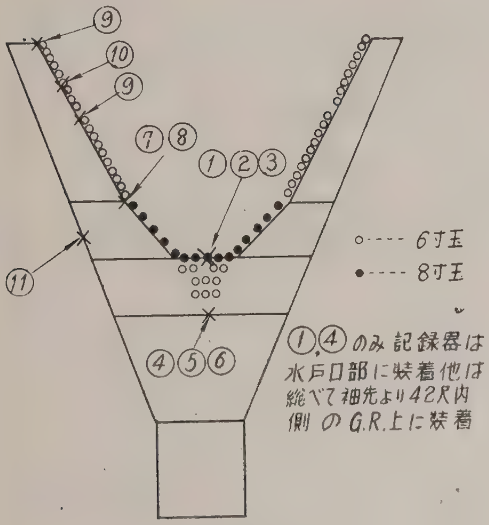
(1) A網の場合

A網の場合の記録器は総べて中央部G. R. の水戸口部に装着した。

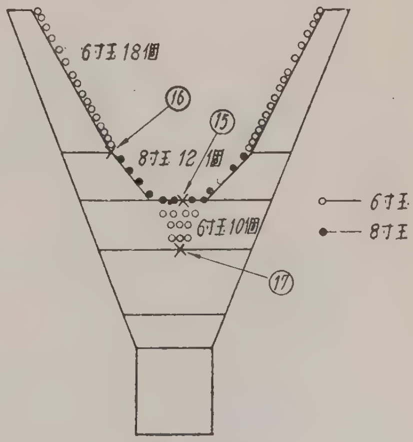

6寸玉 10個
⑥
①②
6寸玉 10個
○── 6寸硝子浮子
●── 1尺 〃
1尺玉 5個
6寸玉 ── 20ヶ×2
1尺玉 ── 5ヶ
水戸口 記録器
④
⑤
6寸玉 10個
③
6寸玉 10個
1尺玉 8個
6寸玉 ── 20ヶ×2
1尺玉 ── 8ヶ
水戸口 記録器

第 15 図　A網の計測部位と記録器の位置並びに硝子浮子の配置図

(2) B網の場合

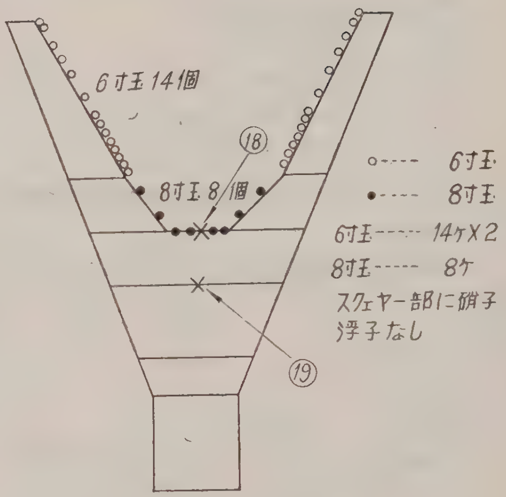

⑨
⑩
⑨
⑦⑧
①②③
⑪
○---- 6寸玉
●---- 8寸玉
④⑤⑥
①,④のみ記録器は水戸口部に装着他は総べて袖先より42尺内側のG.R.上に装着

第 16 図


6寸玉 18個
⑯
⑮
8寸玉 12個
6寸玉 10個
⑰
○── 6寸玉
●── 8寸玉

第 17 図

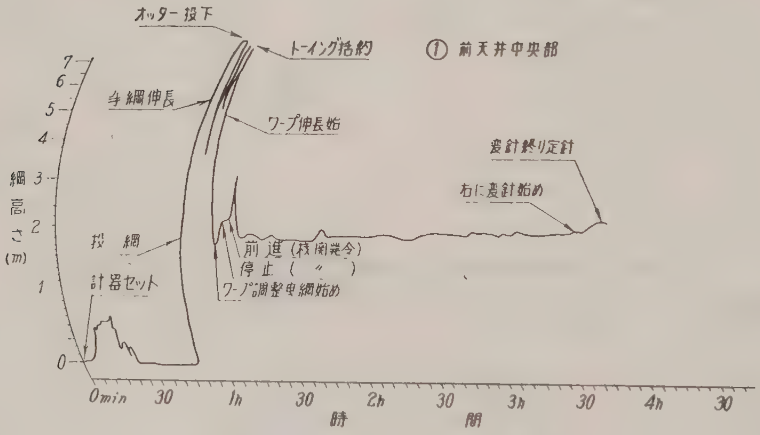
第16，17，18図共に網漁具そのものは全く同一の構造で浮子の種類、数、配置が異つている。又記録⑫⑬は同一構造の網であるがサラン糸を使用した網である。記録⑭は第16図の浮子配置の中スクエヤー部の6寸玉10個を除いた場合の袖脇中央レーシング部の計測記録である。記録器を水戸口 G. R. 部に装着した場合の記録は網記録 ① ④ の場合で他は袖端より 42 尺内側の G. R. 上である。


6寸玉14個
⑱
8寸玉8個
⑲
○---- 6寸玉
●---- 8寸玉
6寸玉---- 14ケX2
8寸玉---- 8ケ
スクェヤー部に硝子浮子なし

第 18 図

4. 記録及びその要目

(1) A網



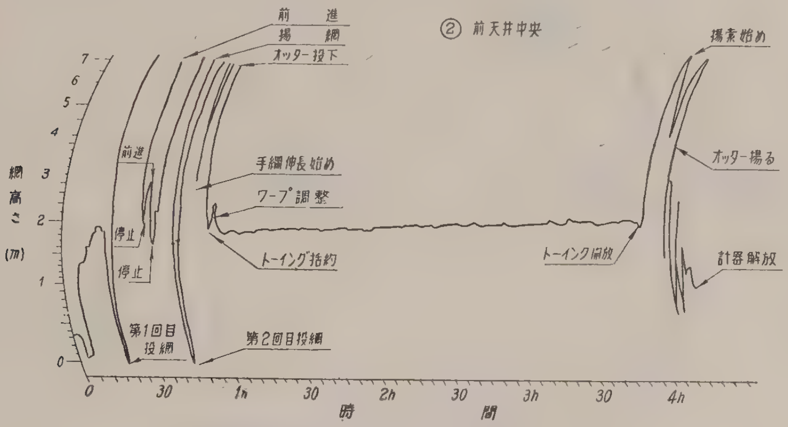
第 19 図　A 網前天井中央部記録 ①

第 3 表　A 網記録 ① の要目

項目	時間	風向 風速	針路	曳船ノ 対水速力	回転数	ワープ 角度
	h m	EɔE		wt	R/m	度
計器セット	0. 0	2(ビ)				
投網	0. 55	〃				
手綱伸長	0. 59.5	〃				
オッター投下	1. 2	〃				
ワープ伸長始メ	1. 2.5	〃				
ワープ伸長終リ	1. 5.5	〃				
トーイング括約	1. 6	〃				
ワープ調整曳網始メ	1. 7.5	〃	NNE		78	13.5
機関停止	1. 13.5	〃	〃			〃
〃 前進	1. 14.5	〃	〃			〃
	1. 31.5	〃	〃	2.9		〃

	2. 51.5	ESE 2(ビ)	NNE		80	13.5
	3. 6.5	〃	〃	3.0		〃
	3. 11.5	〃	〃		78	〃
	3. 16.5	〃	〃	2.7	76	〃
	3. 31.5	〃	〃		78	〃
回頭始メ	3. 43.0	〃	右＝回頭			
	3. 46.5	〃				11
	3. 51.5	〃				9
定針	3. 54.5	〃	E＝定針			8

水深　80m～85m　　ワープ長　205m　　手綱長　90m　　オッターボード　V.D式



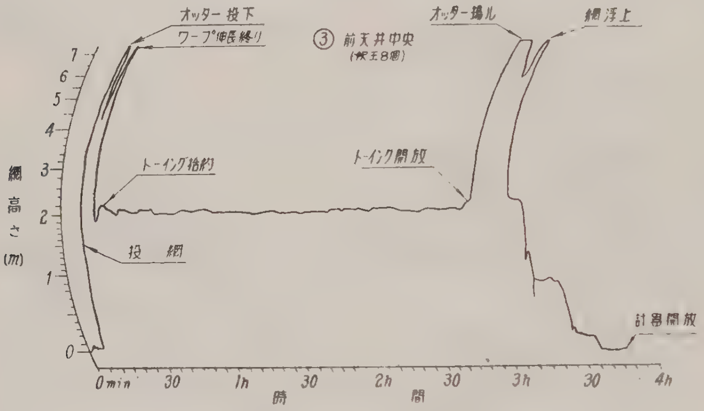
第 20 図　A 網前天井中央部記録 ②

第 4 表　A 網記録 ② の要目

項目	時間	風向 風速	針路	曳船ノ 対水速力	回転数	ワープ 角度
	h m	SSW		kt	R/m	度
計器セット	0. 0	2(ビ)				
投網	0. 18.4	〃				
機関前進	0. 29.0	〃				
〃 停止	0. 31.5	〃				
機関前進	0. 34.0	〃				
〃 停止	0. 38	〃				
揚網	0. 43	〃				
投網	0. 46	〃				
手綱伸長始メ	0. 52	〃				
機関停止	0. 53	〃				
オッター投下	0. 55	〃				
ワープ伸長終リ	0. 58	〃				
トーイング括約	0. 59	〃				
曳網始メ	1. 00	〃			78	
	1. 3	〃	S/E			14
	1. 12	〃	〃		〃	16
	1. 18	〃	S		〃	

	1. 46	3(ビ)	S		78	15
	2. 16	〃	SSW		〃	〃
	2. 20	4(ビ)	〃		〃	〃
	3. 16	〃	〃		〃	〃
トーイング解放	3. 56					
揚索始メ	3. 59					
オッター揚ル	4. 1					
計器解放	4. 20					

水深　65～72m　　ワープ長　180m　　手綱長　90m

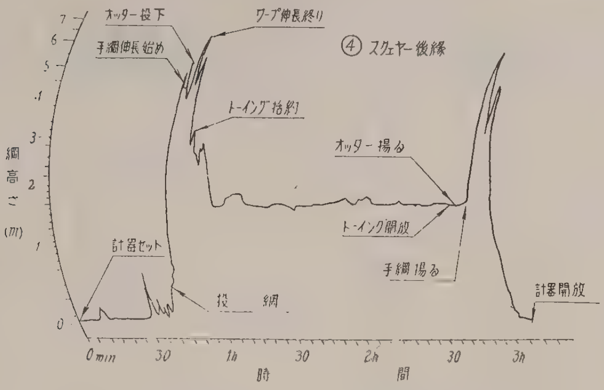


第21図　A網前天井中央部記録 ③

第5表　A網記録③の要目

項目	時間	風向 風速	針路	船ノ対水 速力	回転数	ワープノ 角度
	h m	E		kt		
計器セット	0. 0	3(ビ)				
投網	0. 9	〃				
オッター投下	0. 15.5	〃				
ワープ伸長始メ	0. 16	〃				
〃 終リ	0. 17.5	〃				
トーイング括約	0. 19	〃			78	
曳網始メ	0. 20	〃	N		〃	
		〃	〃	2.9	〃	13
トーイング解放	2. 59	〃	〃			
揚索始メ	2. 59	〃				
オッター揚ル	3. 4.5	〃				
網浮上	3. 9	〃				

水深　87～82m　　底質　泥　　ワープ長　227m　　手綱長　90m

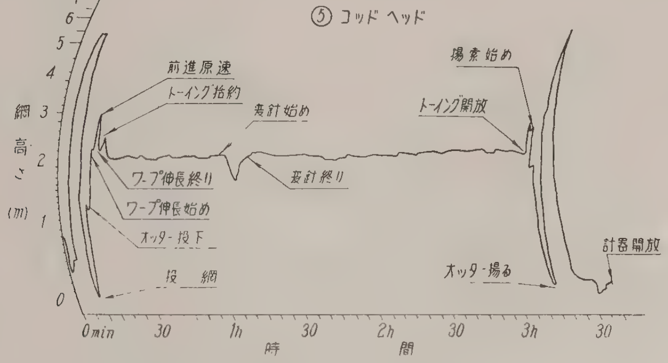


第 22 図　A網のスクエヤー後縁中央部記録　④

第 6 表　A 網 記 録 ④ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	曳船ノ 対水速力	回転数	ワープノ 角度
	h　m			kt	R/m	度
計器セット	0. 0	E				
投網	0. 45.5					
手網伸長	0. 50.5	5(ビ)				
オッター投下	0. 52.5	〃				
ワープ伸長終リ	0. 53.5	〃				
トーイング括約	0. 58.5	〃			78	
曳網始メ	0. 58.5	〃	NNW		〃	
	1. 17.5	〃	〃		〃	13
	1. 41.5	〃	〃	2.7	〃	〃
トーイング解放	2. 51	〃				
揚索始メ	2. 51	〃				
オッター揚ル	2. 55.5	〃				
手網揚ル	2. 57.5	〃				
網ヲ甲板上ニ吊ル	3. 1.5	〃				

水深　88m　　底質　泥　　ワープ長　220m　　手綱長　90m

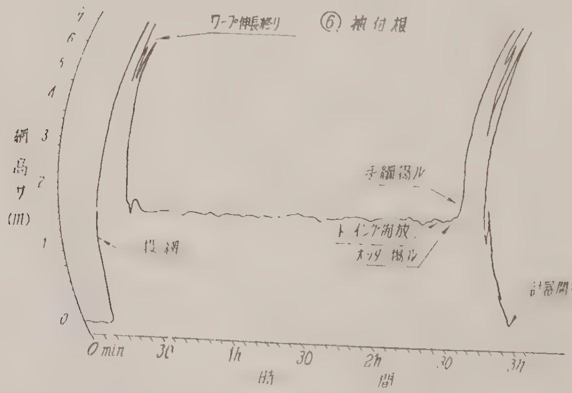


第 23 図　A網コッドヘッド前縁中央部記録　⑤

第7表　A網記録⑤の要目

項目	時間	風向 風速	針路	曳船ノ 対水速力	回転数	ワープノ 角度
	h m			kt	R/m	度
計器セット	0. 0	SW				
投網	0. 9	4(ビ)				
前進原速	0. 10.5	〃				
停止	0. 12	〃				
オッター投下	0. 13.5	〃				
前進原速	0. 14	〃				
ワープ伸長始メ	0. 14.5	〃				
〃　終リ	0. 17	〃				
トーイング括約	0. 17.5	〃			78	
曳網始メ	0. 18.5	〃	W		〃	14.5
	0. 26	〃	〃		〃	〃
右ニ変針始メ	1. 7	〃	右ニ変針中		〃	14
	1. 10	〃			〃	〃
	1. 15	〃			〃	〃
	1. 20	〃			〃	〃
	1. 25	〃			〃	〃
	1. 30	〃			〃	〃
	1. 35	〃			〃	〃
	1. 36	〃	N		〃	〃
トーイング解放	3. 13	〃				
揚索始メ	3. 14	〃				
オッター揚ル	3. 17.5	〃				
網浮上	3. 21	〃				

水深　72m　　ワープ長　180m　　手綱長　90m



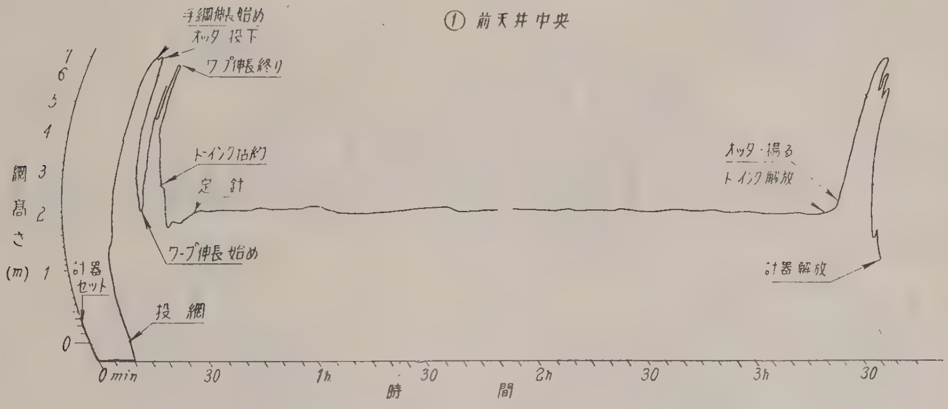
第24図　A網袖付根部記録　⑥

第 8 表 A 網記録 ⑥ の要目

項目	時間	風向 風速	針路	曳船ノ 対水速力	回転数	ワープノ 角度
	h m			kt	R/m	
計器セット	0. 0	NE				
投網	0. 15.5	4(ビ)				
手網伸長	0. 20.5	〃				
オッター投入	0. 22	〃				
ワープ伸長終リ	0. 25	〃				
トーイング括約	0. 26	〃				
ワープ調整曳網始メ	0. 27	〃	NNW		78	
曳網中	0. 28	〃	〃		〃	11.5
〃	0. 42	〃	〃		〃	13.5
〃	2. 4	〃	〃	3.4	〃	13
トーイング解放	2. 44	〃				
オッター揚ル	2. 49	〃				
手網揚ゲ始メ	2. 52	〃				
〃 終リ	2. 54	〃				
網浮上	2. 56	〃				

水深 85—87m　底質 泥　ワープ長 212m　手網長 90m

(2) B 網

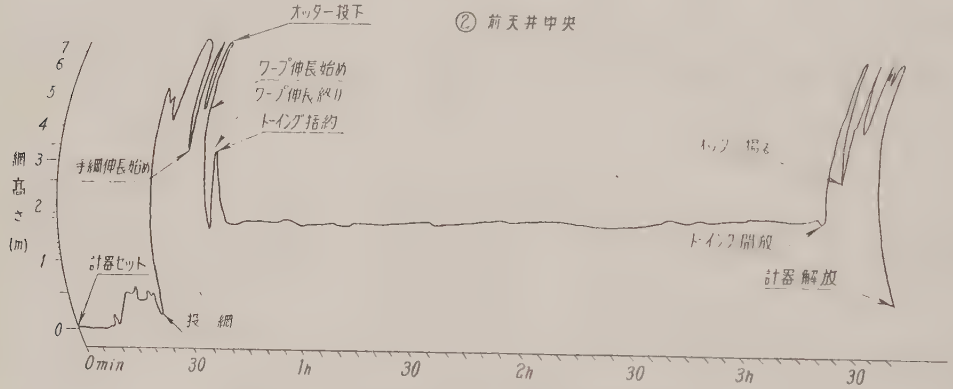


第 25 図 B 網前天井中央部記録 ①

第 9 表　B 網記録①の要目

項目	時間	風向 風速	針路	曳船対水 速力	ワープ角	入網魚量
	h m	S			度	
計器セット	0. 0	2(ビ)				
投網	0. 11	〃				
手網伸長始メ	0. 20	〃				
オッター投下	0. 22	〃				
ワープ伸長始メ	0. 23	〃				
〃 終リ	0. 26	〃				
トーイング括約	0. 27	〃	SW½S	3.5kt 80R/m	12	
曳網中		〃	〃	〃	〃	
トーイング解放	3. 28	〃				
オッター揚ル	3. 33	〃				
手網揚ル		〃				
計器解放	3. 45	〃				.13函

水深　77—80m　　ワープ長　270m　　手網長　90m

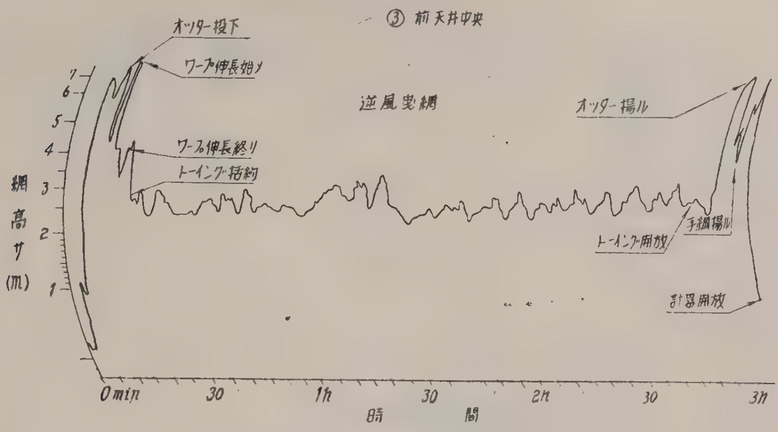


第 26 図　B 網前天井中央部記録 ②

第 10 表　B 網記録②の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ 対水速力	ワープ角度	入網魚量
	h m	SW			kt		
計器セット	0. 0	5(ビ)					
投網	0. 26	〃					
手網伸長	0. 36	〃					
オッター投下	0. 40.5	〃					
ワープ伸長始メ	0. 41	〃					
〃 終リ	0. 44.5	〃					
トーイング括約	0. 45	〃	N/E		2.2		
曳網中		〃	〃	77—75	〃		
トーイング解放	3. 33	〃					
オッター揚ル	3. 38	〃					
計器甲板ニ上ル	3. 42	〃					
解放	3. 47	〃					12函

水深　70—78m　　ワープ長　225m　　手網長　90m

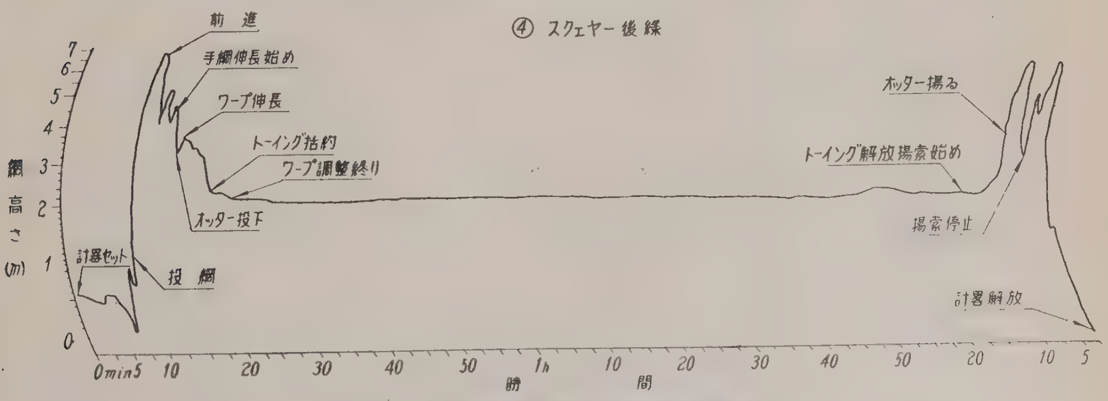


第 27 図 B 網前天井中央部記録 ③

第 11 表 B 網記録 ③ の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープの角度	入網魚量
	h m	SW		R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	6(ビ)					
投網	0. 4	〃					
手綱伸長		〃					
オッター投下	0. 10	〃					
ワープ伸長始メ	0. 12	〃					
〃 終リ	0. 16	〃					
トーイング括約	0. 17	〃	SW/S	85	4.0	12	
曳網中		〃	〃	〃	〃	〃	
トーイング解放	2. 53	〃					
オッター揚ル	2. 58	〃					
手綱揚ル	3. 3	〃					
解放	3. 8	〃					9函

水深 80m　ワープ長 235m　手綱長 90m

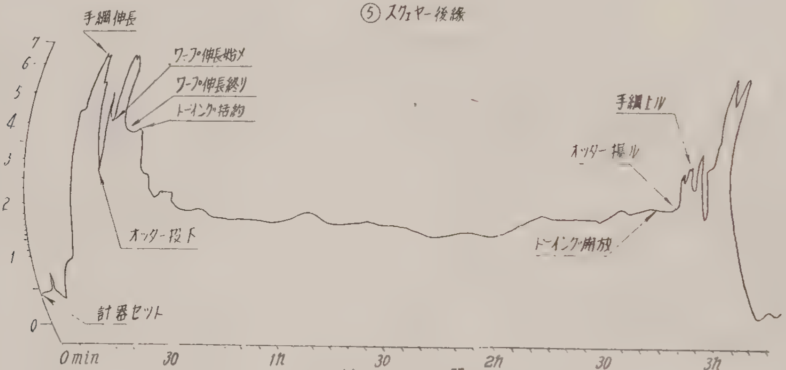


第 28 図 B網スクエヤー後縁中央部記録 ④

第 12 表 B 網 記 録 ④ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ 対水速力	ワープノ 角度	入網魚量
	h m	S		R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	3(ビ)					
投網	0. 9	〃					
手綱伸長始メ	0. 14.5	〃					
オッター投下	0. 15.8	〃					
ワープ伸長始メ	0. 16.5	〃					
トーイング括約	0. 20	〃	NNW	78	2.5	13	
曳網中		〃		〃	〃	〃	
トーイング解放	2. 4.5	〃					
手綱揚ル	2. 9.5	〃					27函

水深 68m　ワープ長 250m　手綱長 90m

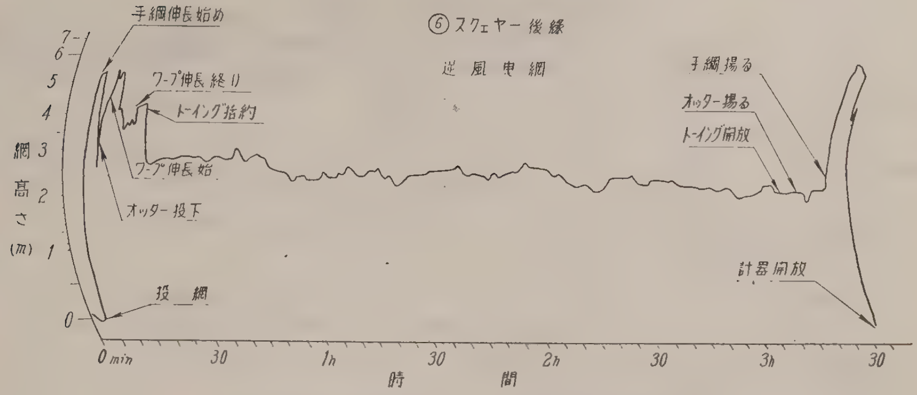


第 29 図 B網スクエヤー後縁中央部記録 ⑤

第 13 表 B 網 記 録 ⑤ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ 対水速力	ワープノ 角度	入網魚量
	h m	SW		R/m		度	
計器セット	0. 0	6(ビ)					
投網	0. 14	〃					
手綱伸長始	0. 17	〃					
オッター投下	0. 19	〃					
ワープ伸長始メ	0. 21.5	〃					
〃 終リ	0. 29	〃					
トーイング括約	0. 30	〃	N/W				
曳網中		〃	〃	75	2.8	14	
トーイング解放	2. 54	〃					
オッター揚ル	2. 59	〃					
手綱揚ル	3. 3	〃					
計器解放	3. 13	〃					
		〃					6函

水深 85m　ワープ長 250m　手綱長 90m

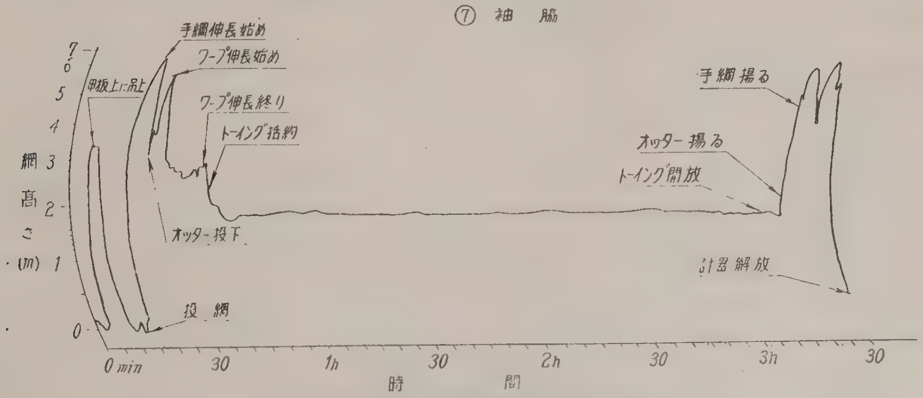


第 30 図　B網スクエヤー後縁中央部記録　⑥

第 14 表　B 網 記 録 ⑥ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m					度	
計器セット	0. 0	SW 6(ビ)					
投網	0. 4	〃					
手綱伸長始メ	0. 7	〃					
オッター投下	0. 10	〃					
ワープ伸長始メ	0. 11	〃					
〃 終リ	0. 18	〃					
トーイング括約	0. 19	〃					
曳網中		〃	WSW WNW			13	
トーイング解放	3. 14	〃					
オッター揚ル	3. 19	〃					
手綱揚ル	3. 26	〃					
計器解放	3. 31	〃					
		〃					3函

水深　92—88m　　ワープ長　250m　　手綱長　90m

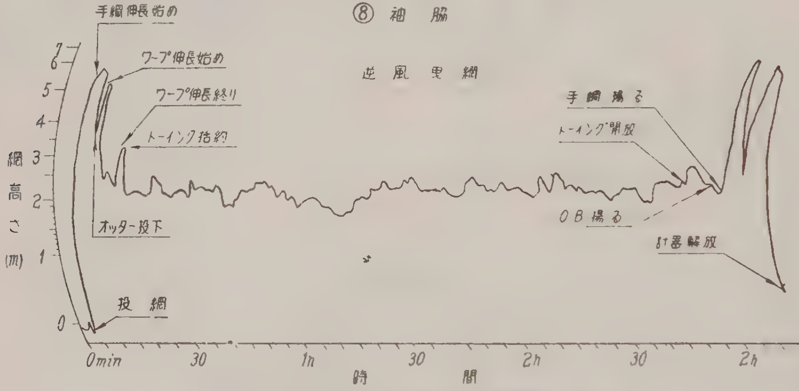


第 31 図　B 網 袖 脇 部 記 録 ⑦

第 15 表 網記録⑦の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m	SW		R/m		度	
計器セット	0. 0	6(ビ)					
投網	0. 12	〃					
手網伸長始メ	0. 19	〃					
オッター投下	0. 20.5	〃					
ワープ伸長始メ	0. 23	〃					
〃 終リ	0. 34	〃					
トーイング括約	0. 36	〃					
曳網中		〃	NNW	78		14	
トーイング解放	3. 10	〃					
オッター揚ル	3. 15	〃					
手網揚ル	3. 19	〃					
計器解放	3. 28	〃					12函

水深 84m　ワープ長 250m　手綱長 90m

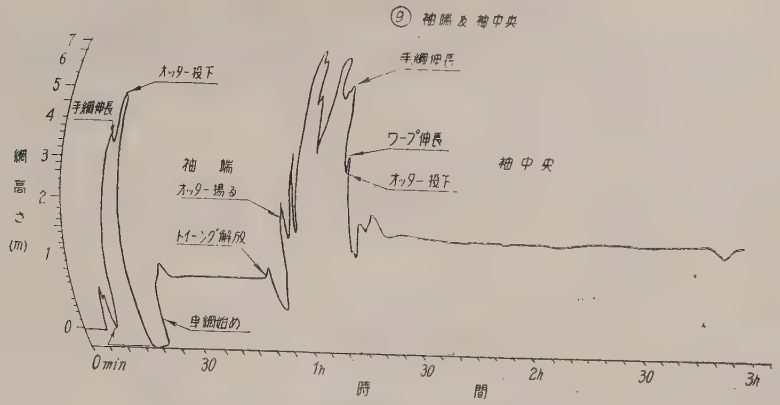


第 32 図 B 網袖脇部記録 ⑧

第 16 表 B 網記録⑧の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m	SW		R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	6(ビ)					
投網	0. 4	〃					
手網伸長始メ	0. 7	〃					
オッター投下	0. 10	〃					
ワープ伸長始メ	0. 11	〃					
〃 終リ	0. 18	〃					
トーイング括約	0. 19	〃					
曳網中		〃	SW/S	84	4.0	12.5	
トーイング解放	2. 55	〃					
オッター揚ル	3. 1	〃					
手網揚ル	3. 5	〃					
計器解放	3. 17	〃					7函

水深 74m　ワープ長 230m　手綱長 90m

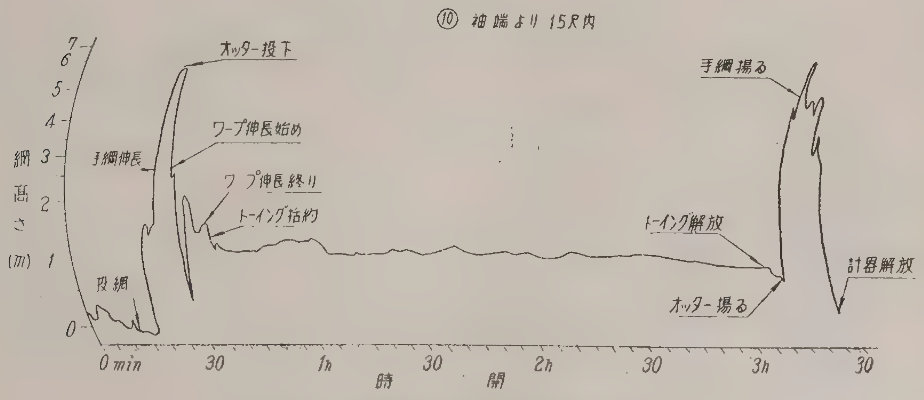


第 33 図 B網袖端及び袖中央部記録 ⑨

第 17 表 B 網 記 録 ⑨ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ 対水速力	ワープノ 角度	入網魚量
	h m			R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	S					
投網	0. 8	3(ビ)					
手網伸長 (第1回) (第2回)	0. 14.2 1. 15.5	〃					
オッター投下 (第1回) (第2回)	0. 16 1. 17.5	〃					
ワープ伸長始メ (第1回) (第2回)	0. 16.8 1. 18.0	〃					
曳網始メ (第1回) (第2回)	0. 22.4 1. 23.5	〃	NNW	77	2.5	12.5	
		〃	〃	〃	〃	〃	
トーイングブロック解放 (第1回) (第2回)	0. 54.5 3. 37	〃					
オッター揚ル (第1回) (第2回)	0. 59.5 3. 42	〃					5函

水深 66m　ワープ長 250m　手網長 90m

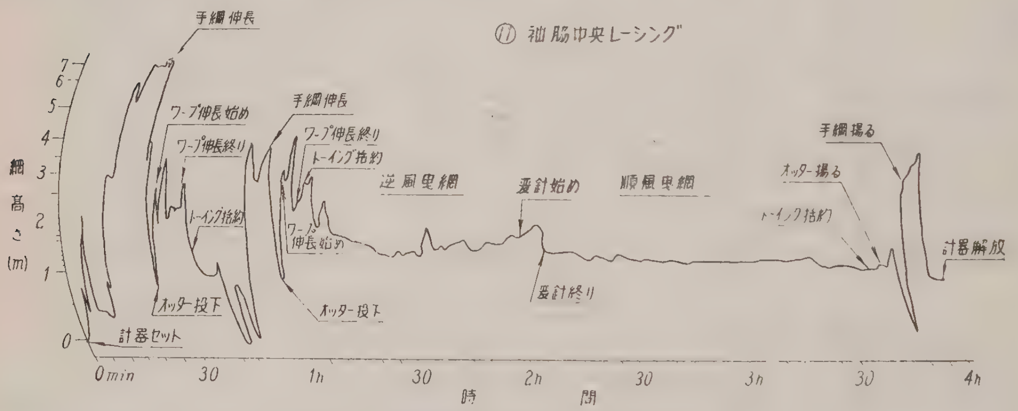


第 34 図 B網袖先より尺内側部の記録 ⑩

第 18 表 B 網記録 ⑩ の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m			R/m			
計器セット	0. 0	SW					
投網	0. 12	6(ビ)					
手綱伸長始メ	0. 25	〃					
オッター投下	0. 28	〃					
ワープ伸長始メ	0. 29	〃					
〃 終リ	0. 36	〃					
トーイング括約	0. 37	〃					
曳網中		〃	NW NNW	79 75			
トーイング解放	3. 10	〃					
オッター揚ル	3. 14	〃					
手綱揚ル	3. 17	〃					
計器解放	3. 26	〃					13函

水深 75—78m　ワープ長 230m　手綱長 90m



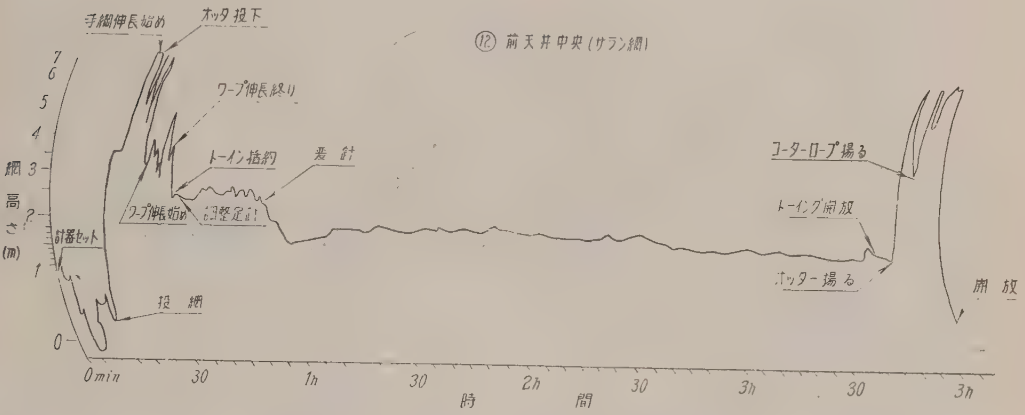
第 35 図 B網袖肋中央レーシング部記録 ⑪

第 19 表 B 網記録 ⑪ の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m						
計器セット	0. 0	SW					
投網(第1回) (第2回)		6(ビ)					
手綱伸長始メ(第1回) (第2回)	0. 22 0. 57	〃					
オッター投下(第1回) (第2回)	0. 25 1. 00	〃					
ワープ伸長始メ(第1回) (第2回)	0. 27 1. 1	〃					
〃 終リ(第1回) (第2回)	0. 33 1. 6	〃					
トーイング括約(電1回) (第2回)	0. 35 1. 8	〃					

曳網中	2h07m二変針始メ2h14m終了	6(ビ)	WSW N	85		度 13.5	
トーイング解放	3. 41	〃					
オッター揚ル	3. 45	〃					
手網揚ル	3. 52	〃					
計器解放	4. 1	〃					20函

水深 83m　ワープ長 225m　手網長 90m

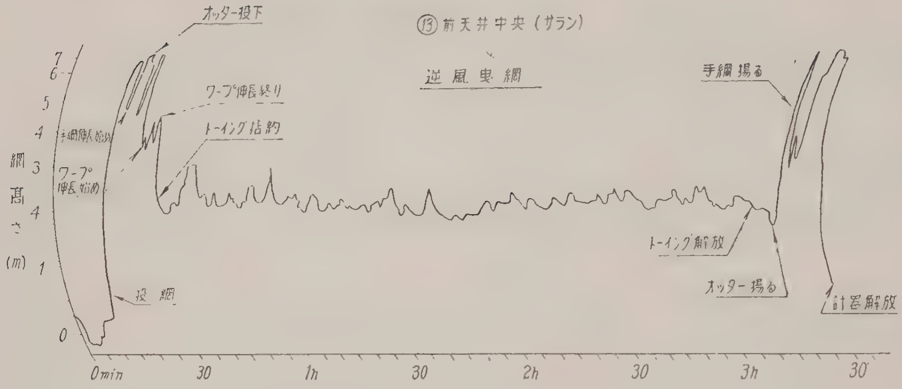


第 36 図　B網（サラン）前天井中央部記録 ⑫

第 20 表　B網（サラン）記録⑫の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m			R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	SW					
投網	0. 12	5(ビ)					
手網伸長始メ	0. 20	〃					
オッター投下	0. 22	〃					
ワープ伸長始メ	0. 24	〃					
〃 終リ	0. 31	〃					
トーイング括約	0. 32	〃					
調整定針曳網始メ	0. 33	〃					
曳網中	0h58m変針始メ	〃	WSW NW/N	84 81	3.2	13	
トーイング解放	3. 45	〃					
オッター揚ル	3. 44	〃					
手網揚ル	3. 52	〃					
コーターロープ揚ル	3. 55	〃					
計器解放	4. 4	〃					4函

水深 90～78m　ワープ長 270～240m　手網長 90m

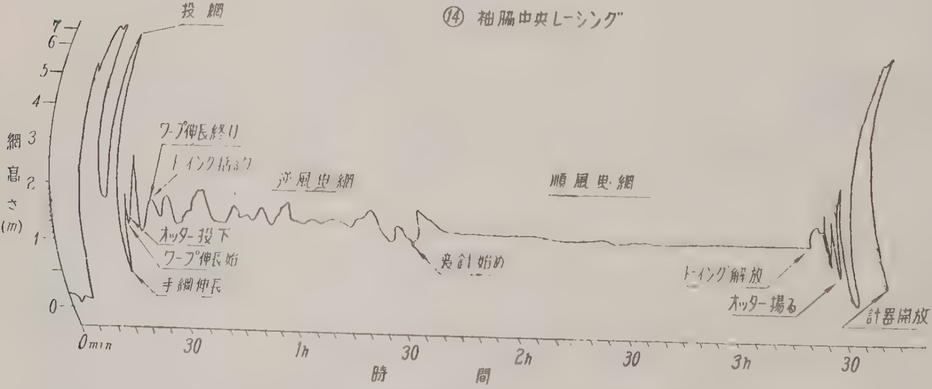


第 37 図　B網（サラン）前天井中央部記録　⑬

第 21 表　B網（サラン）記録⑬の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ 対水速力	ワープノ 角度	入網魚量
	h m			R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	SW					
投網	0. 12	5(ビ)					
手綱伸長始メ	0. 17	〃					
オッター投下	0. 19	〃					
ワープ伸長始メ	0. 21	〃					
〃 終リ	0. 26	〃					
トーイング括約	0. 27	〃					
曳網中		〃	S/W	84	3.7	14	
トーイング解放	3. 12	〃					
オッター揚ル	3. 17	〃					
手綱揚ル	3. 22	〃					
計器解放	3. 31	〃					7函

水深　74m　　ワープ長　210m　　手綱長　90m

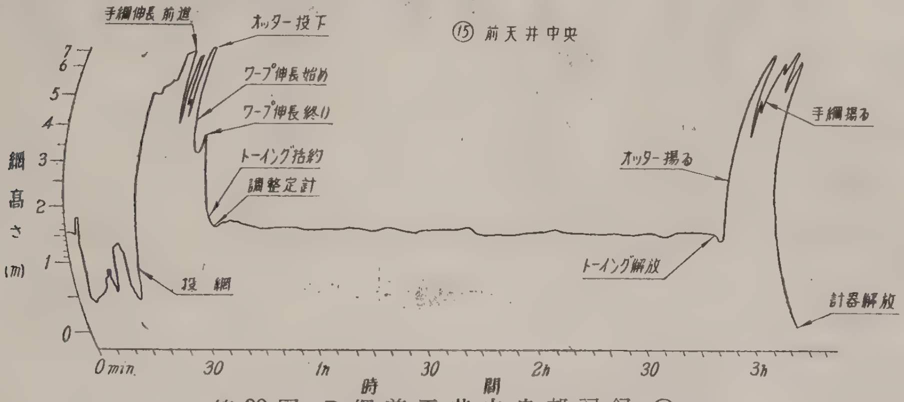


第 38 図　B網袖脇中部レーシング部記録　⑭

第 22 表　B 網 記 録 ⑭ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ 対水速力	ワープノ 角度	入網魚量
	h m			R/m		度	
計器セット	0. 0	SW					
投網	0. 17	5(ビ)					
手綱伸長始メ	0. 19	〃					
オッター投下	0. 21	〃					
ワープ伸長始メ	0. 22	〃					
〃 終リ	0. 27	〃					
トーイング括約	0. 28	〃					
曳網中	1h40m変針 始メ	〃	SW/S N/W	85 76		13	
トーイング解放	3. 29	〃					
オッター揚ル	3. 33	〃					
手綱揚ル	3. 37	〃					
計器解放	3. 45	〃					24函

水深　65m　ワープ長　220m　手綱長　90m

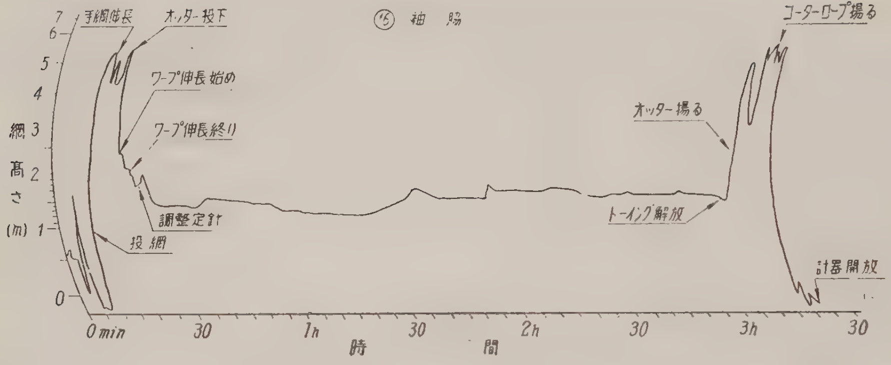


第 39 図　B 網前天井中央部記録 ⑮

第 23 表　B 盞 記 録 ⑮ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ 対水速力	ワープノ 角度	入網魚量
	h m			R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	SSW					
投網	0. 18	3(ビ)					
手綱伸長始メ	0. 28	〃					
オッター投下	0. 32	〃					
ワープ伸長始メ	0. 33.5	〃					
〃 終リ	0. 37	〃					
トーイング括約	0. 38	〃					
調整定針曳網始メ	0. 39	〃	N	78			
曳網中		〃	〃	〃	2.5	14	
トーイング解放	2. 58	〃					
オッター揚ル	3. 2	〃					
手綱揚ル	3. 8	〃					
計器解放	3. 16	〃					11函

水深　75～76m　ワープ長　230m　手綱長　110m

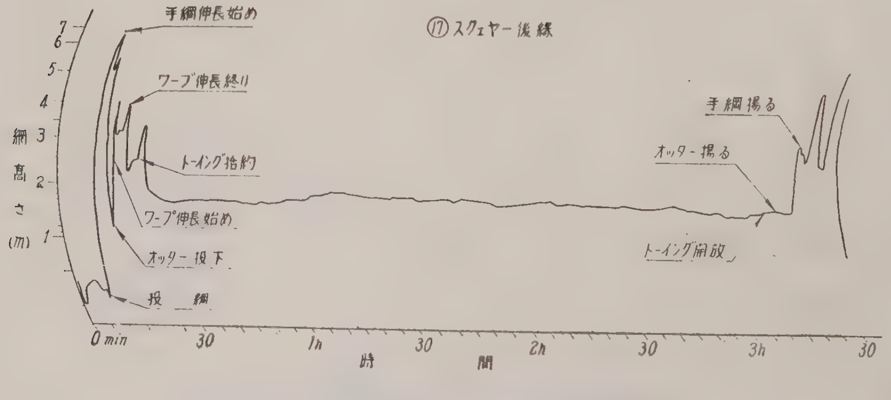


第 40 図 B 網袖脇部記録 ⑯

第 24 表 B 網記録 ⑯ の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m			R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	SW					
投網	0. 9	4(ビ)					
手網伸長始メ	0. 11	〃					
オッター投下	0. 13	〃					
ワープ伸長始メ	0. 15.5	〃					
〃 終リ	0. 21.5	〃					
トーイング括約 曳網始メ	0. 23	〃					
曳網中		〃	NNW	79	3.1	12	
トーイング解放	3. 1	〃					
オッター揚ル	3. 6	〃					
コーターロープ揚ル	3. 13	〃					
計器解放	3. 23	〃					7函

水深 85～88m　ワープ長 280m　手綱長 110m

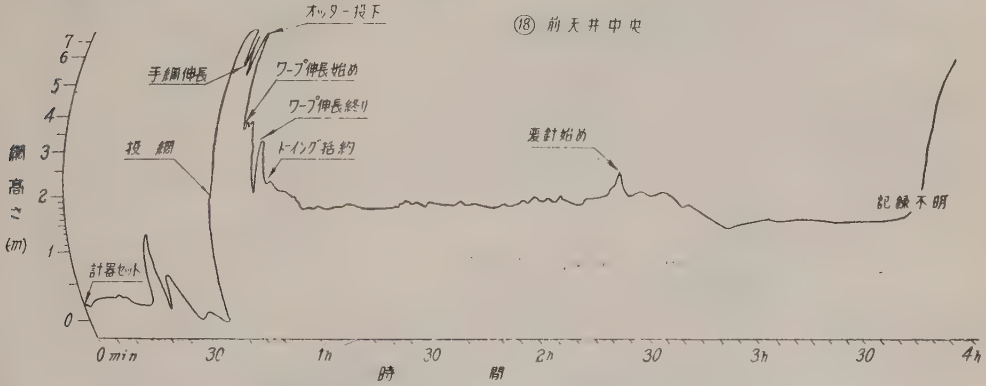


第 41 図 B網スクエヤー後縁中央部記録 ⑰

第 25 表　B 網記録⑰の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m			R/m	kt	度	
計器セット	0. 0	SW					
投網	0. 7	4(ビ)					
手綱伸長始メ	0. 11.5	〃					
オッター投下	0. 13.5	〃					
ワープ伸長始メ	0. 15.5	〃					
〃　終リ	0. 20	〃					
トーイング括約	0. 21	〃					
曳網中		〃	SSW	83	3.85	14	
トーイング解放	3. 11	〃					
オッター揚ル	3. 15	〃					
手綱揚ル	3. 22	〃					
計器解放	3. 33	〃					7函

水深　81m　ワープ長　240m　手綱長　110m

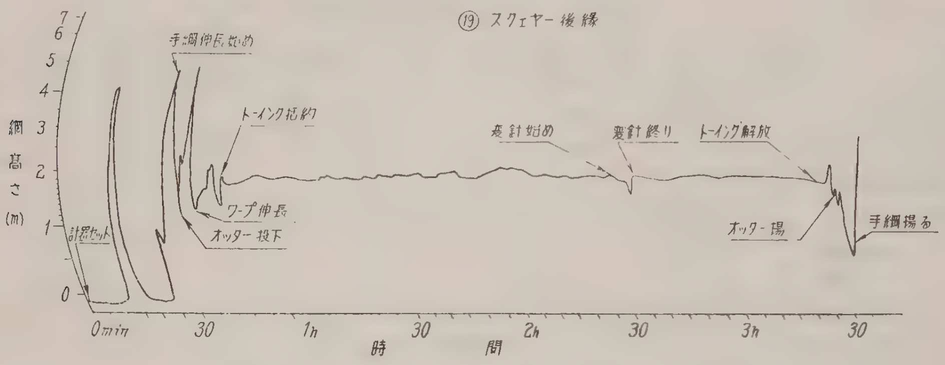


第 42 図　B 網前天井中央部記録　⑱

第 26 表　B 網記録⑱の要目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m			R/m		度	
計器セット	0. 0	SW					
投網	0. 40	4(ビ)					
手綱伸長始メ	0. 43	〃					
オッター投下	0. 45	〃					
ワープ伸長始メ	0. 46.5	〃					
〃　終リ	0. 51	〃					
トーイング括約	0. 53.5	〃					
曳網中	2h31m変針始メ	〃	SW NNW	85 77		15	
トーイング解放	3. 56	〃					
オッター揚ル	4. 00	〃					
手綱揚ル	4. 6	〃					
計器解放	4. 14	〃					12函

水深　71m　ワープ長　200m　手綱長　90m



第 43 図　B網スクエヤー後縁中央部記録　⑲

第 27 表　B 網 記 録 ⑲ の 要 目

項目	時間	風向 風速	針路	回転数	曳船ノ対水速力	ワープノ角度	入網魚量
	h m			R/m		度	
計器セット	0. 0	SW					
投網		5(ビ)					
手綱伸長始メ	0. 29	〃					
オッター投下	0. 32	〃					
ワープ伸長始メ	0. 36	〃					
〃　終リ		〃					
トーイング括約	0. 46	〃					
曳網中	2h34m変針始メ、2h39m変針終リ	〃	SW N	84 76		14	
トーイング解放	3. 29	〃					
オッター揚ル	3. 33	〃					
手綱揚ル	3. 36	〃					8函

水深　75m　　ワープ長　210m　　手綱長　90m

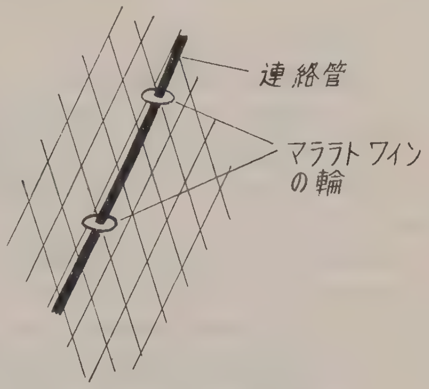
5. 記 録 の 解 析

解析を述べる前に今次実験時の投揚網法の概略を記して置かう。甲板上に投網出来る様に両袖端のペンデントワイヤーを手綱に各々連結して船尾ギャロースの若干船首側にそろへ廓下甲板上に併行させて身網部を主甲板上に置き、自記式網高さ計の記録器を水戸口 G.R. 又は袖部 G.R. に装着する。計測部の位置に依つて記録器の装着位置を替へ袖部 G.R. 等に装着する場合がある。計測し様とする部位に案内部を装着して連絡管を充分余裕を持たせて網成りに変化を及ぼさない様に網地の内側を添はせる。その添はせ方は第44. 45図に示す通り点々と網目の結節部でマニラトワインのゆるい輪を作りその中に連絡管を通してゆく。網成りを歪曲しないで連絡管をリードする事が大切である。

（自記式 G.R. 展開計の装着法は漁研技報第 5 号に述べた。）計器の装着が終ると右舷正横から風を受ける様に停船して、先ず袖部を舷上に懸け身網の中央部（ベーチング部）をストロップで括約し、フイッシュテークルのフックで吊り上げ中央部 G.R. を舷より上に揚げ、人手で舷外に押し出しながらフイッシュテークルを緩めて海中に入れる。舷上にストロップ部を乗せて是を外し、順次魚捕部を海中に投下する。袖部はこの後ヘッド部と G.R. 部が交絡しない様に注意しながら投入する。風を右舷正横より受けているため船は

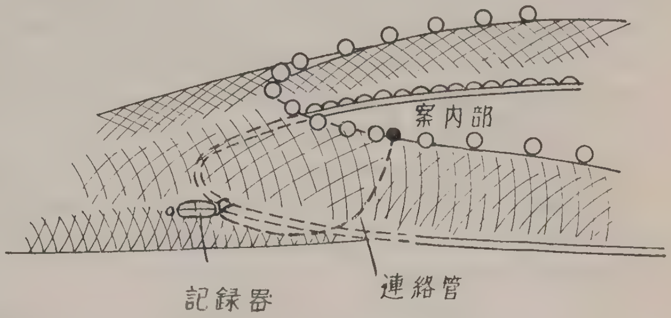
風下に圧流されるが、網漁具は流体抵抗を受けて残るので両者は相離れてゆく。

網成りが異常なく推進器部を充分離れたならば前進半途（約4節）で船首を右施しつゝ手綱を伸長してゆく。大体全手綱長の⅔位伸長した時機関を停止して残りの⅓は惰力で伸長する。手綱の端のシヤツクルがオツターボード（O.B.）のジョイニングブロツクに突き当る事に依り手綱の伸長が終了する。次に O.B. のトーイングチエーンをワープのジョイニングチエーンに連結し O.B. を吊つていたストツパーチエーンを外し、ワープにて支へる様にする。船の行脚が低下した処でオツターボードを投下し、ワープのスタンバイマーク（約55m）迄伸し放しにして後ワープの走出を停止する。



第 44 図　連絡管の添はせ方

O.B. の安定状況をワープの状態で判断してから、稍々面舵にとり乍ら前進原速（約8節）とする。抵抗に依り O.B. が開き始めれば舵中央として船首のワープが舷側から充分離れ両ワープが安定したならば前進半速とする。以後時々ワープの走出を中止して O.B. に展開力を与へつゝ漸次水深に応じたワープ長迄伸長する。予定ワープが長若干船内に残つている時メツセンジヤーフツクに依り船首側ワープを船尾トーイングブロツクの処に引き寄せ両ワープを一括してトーイングブロツクに括約する。その時のワープ展開角等により漁具状態の良否を判断して両ワープの伸長、捲き込み等の操作で調整し、宜い処で曳網を開始する。次に揚網法を述べると、先ず揚網時間が来たならば舵を若干右に取りワープを舷から離しトーイングブロツクを解放し、直ちにワープを若干捲き込む。その後両ワープを同時に捲き始める。同時に前進微速としてスタンバイマークがセンターローラーの処に来たならば機関を停止し、O.B. が揚つたら投網法の逆を行い、O.B. をギヤロースに移した後手綱を捲き船尾のペンデントスウイブルがO.B. のジョイニングブロツクに来たならば捲き込みを止め、右施回をしつつ網中の泥土等を洗い流して右舷正横から風を受ける様にして停止する。船首ペンデントワイヤーをフツクワイヤーでクオーターローラーの処に引き寄せ、船首側袖端にシヤツクル止めしてあるクオーターロープを外しモンキーステイより来るフツクワイヤーに接続してウインチローラーで捲き込み魚捕部のみ船上に吊り入れる。この際中央部ヘツドロープ及グランドロープは舷上を越へる。魚捕部内の魚を甲板上に出した後再び投網時の手続きで海中に入れ次回操業に移る。



第 45 図　高サ計の装着図

（1）　投網時からトーイングブロツク括約時迄

投網法で概説した様にベーチング及びコツドヘツド部をストロツプで括約し、フツクで甲板上に吊り揚げ G.R. 部を先に舷外に押し出し、フツクを緩めて除々に降下させ、スクエヤー、ベレー部を舷外に降してからコツド部を舷外に操り出す。従つて各記録を見ても明らかな様に天井部と G.R. 部（水戸口）との垂直高さは相当の高さとなり又その高さはその時々に依り異る。是はベーチング、コツドヘツド部の括約位置と吊り揚げ方如何で異るのは当然である。又計測部と記録器の装着位置との変化で種々の高さを記録する事にな

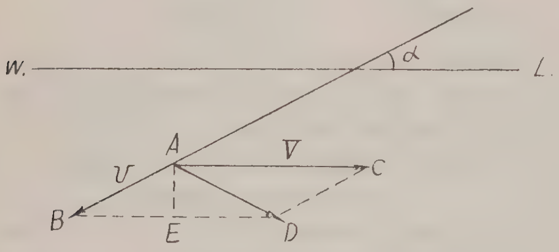
る。

(a) 前天井部（ヘッド部）

（i） 記録器を水戸口部に装着した場合

ヘッドロープ及びグランドロープ共海中に入つた後はヘッドロープ部は硝子浮子の浮力のため水面に残り、G. R. 部は自重のため沈むので両者の垂直距離が計器の機構制限（7.5～8.0m）以上であれば制限高さ迄記録し、それ以内であれば実際の垂直距離を記録する。この場合の記録例はA網記録①②③、B網の記録①とである。

A網記録①②では 8m の高さを若干時間保つているので制限機構にかかつている事が判る。この時の実際の両部垂直距離は 8m 以上であつたと考へられる。A網記録③は 7.5m を記録しているがこの頂部は鋭角となつているので実際の垂直距離も 7.5m であつた事が判る（技報5号参照）。同一網で以上の様な差が出来るのは其の時の網の対水速力（潮流その他船の圧流速等によつて生ずる）と両袖の開き具合に依つて異るのであらう。又B網の記録も大体A網の場合と同様である。従つて大体 128 尺トロールネットの投網直後の水戸口と前天井中央部との垂直距離は 7～8m程度と判断して良いであろう。次第に風圧に依り船が風下に流されると船は網から離れてゆく。此の間の該部の水戸口との垂直距離は略々一定で変化していない，次に船は前進半速で右旋を始める。若干時間を置いて手綱の伸長を始める。今船の対水速力をVとすれば手綱を伸長しない時の網の対水速力は網の自重に依る沈降を無視すれば同じくVである筈である。手綱をνの速さで伸長している時の網の運動は次の様になる，νは網の自重と流水抵抗及び winch のブレーキの締め具合に依つて自ら決定されるが $V=\nu$ にはならないで、$V>\nu$ である筈である。又船は右旋しつゝ前進するのであるから船首尾ギャロースから出ている両手綱の船首尾線となす角は略々一定であつて、両手綱の狭まり又は拡がりに依る網高さの影響はないと見て良い。残るものは前記の網の流水抵抗の多少に依るものとなるであらう。第46図は手綱伸長中網が垂直方向へ又水平方向へ各々如何なる速力で進むかを検討したものである。



第 46 図

（第46図註）

V…曳船の対水速度（$\overrightarrow{AC}$）

ν …手綱伸長速度（$\overrightarrow{AB}$）

α …手綱と水面との交角

β …∠CAD

第48図に示す様に $\overrightarrow{AB}=\nu$ で手綱の伸長速力及伸長方向を、$\overrightarrow{AC}=V$ で曳船の対水速力を現はす。$\overrightarrow{AD}$は両者の合成で実際の網（この場合Aは袖端を意味する）の運動方向及その速力である。A点よりBDに垂線を下しその交点をEとすれば$\overrightarrow{AE}$は網の垂直沈降速力を示し、$\overrightarrow{ED}$は網の水平方向への速力を示す事になる。以上により所要の関係式を立てて見ると次の様になる。

$$AE=\nu\sin\alpha \cdots\cdots ①$$

$$AD=\sqrt{V^2+\nu^2-2V.\nu\cos\alpha} \cdots\cdots ②$$

$$ED=V-\nu\cos\alpha \cdots\cdots ③$$

次に$\overrightarrow{AD}$の方向を現はすには次式で求められる。

$\angle CAD=\angle ADB=\beta$ とす。

$ED=AD\cos\beta$

$$\cos\beta=\frac{ED}{AD}$$

②③式より
$$=\frac{V-\nu\cos\alpha}{\sqrt{V^2+\nu^2-2V.\nu\cos\alpha}}\cdots\cdots④$$

①②③④式で網の運動方向及びその速力即ち垂直方向への沈降速力と水平方向への速力とが求められる。

今次実験時に於ては $V=2\mathrm{m/sec}$, $\nu=1.5\mathrm{m/sec}$ であつたので各式は次の様になる。

$$AE=1.5\,\mathrm{sni}\,\alpha\cdots\cdots①'$$

$$AD=\sqrt{6.25-6\cos\alpha}\cdots\cdots②'$$

$$ED=2-1.5\cos\alpha\cdots\cdots③'$$

$$\cos\beta=\frac{2-1.5\cos\alpha}{\sqrt{6.25-6\cos\alpha}}\cdots\cdots④'$$

A網記録②に示す様に曳船が前進すると網高さが急降しているが、手綱を伸長し始あると再び増大している。是は手綱伸長前の網の対水速力 V が $\sqrt{V^2+\nu^2-2V\nu\cos\alpha}$ に減少したからであらう。

A網記録①②共に手綱長 90m を伸長するのに60秒を要しているので手綱の伸長平均速力 ν は 1.5m/sec となる。又この時の V は 2.0m/sec であつた。次に角 α は手綱伸長の初期中期後期で若干は変化するであらう。今 α を 10°, 20°, 30° の三種に別け ①′ ②′ ③′ ④′ 式で計算して見ると第28表の様になる。

α が手綱伸長中一定であると仮定すれば手綱伸長終了時には点は次の水深の処にある事になる。

第 28 表

項目 α	AE	ED	AD	β
10°	0.26m/sec	0.52m/sec	0.58m/sec	26°—20′
20°	0.51 〃	0.59 〃	0.78	40°—10′
30°	0.75 〃	0.7 〃	1.02	46°—40′

第29表　手綱伸長終了時のA点の水深

α	A点の水深
10°	15.6m
20°	30.6m
30°	45 m

手綱全長の約⅔程座伸長したら機関を停止して惰力で残りの手綱を伸長させ、手綱端のシャツクルがO.B.のジョイニングブロツクに繋止され手綱の伸長が終る。この時の曳船の対水速力 V_1 は Vより小さい。網の対水速力も次第に減少する。O.B. のトーイングチエーンに手綱端のジョイニングチエーンを連結して船の行脚が低下した処で O.B. を船首尾共投下する。従つて O.B. 投下直前は少時間であるが前進方向への速力は割合少く垂直方向への自重に依る沈降が大部分である。厳密に云へば手綱長を半経としてギヤロースのトツプローラーを中心とした円弧上を網は動く訳である（但し手綱は直線状に伸びているとした場合である）。それでこの間は投網直後と同様の高さを記録する。（記録A網①②③B網①②③）。

O.B. 投下と同時に全記録共網高さが急降している事から90mの手綱を通じて直ちに網漁具に影響を及ぼしている事が推察される。この垂直距離の減少は両者の垂直的接近を意味する。即ち O.B. の自重に依り網が前方（船側）へ急に引き寄せられ、網の対水速力が急増する。従つて両者も相接近する。又網のある水深迄O.B. が沈むとそれ以後は網はO.B. の沈降のために手綱を通じて下に引つ張り込まれる形となり魚捕部を斜め上に袖端を下にした格溝となるため両者の垂直距離が益々少くなる訳である。勿論 O.B. は左右に展開する性質があるがスタンバイマーク迄のワープの伸長中（この間ワープは一挙に伸長する）はこの性質は余り発揮されず殆んど沈下するだけであるので是に依る影響はないであらう。（この場合前天井中央部が記録器（水戸口）より袖側にあるため網の斜めの沈降に依り両者の垂直距離は益々少くなる。）

(ii)　記録器を袖先より42尺内側の G.R に装着した場合

B網記録②③⑫⑬がその記録例でてる。（i）の場合と殆んど同じ性格の動きであるが、（i）の場合より記録器が相当袖端側に近寄つているので O.B. の沈降のため網が斜めになつた場合両者の垂直距離の減じ方はこの場合の方は少い。それは網の沈降形状から判断しても前者よりこの場合の方が記録器の位置が下位にあるため両者の垂直距離は少いのが当然である。記録②に示す様に O.B. 投下直後から両部の垂直

距離は急降している。その降下中途がワープ伸長始めでワープ伸長終了迄にその最低高さは1.55mを示している。O.B. 投下時間はOh40.5mでワープ伸長始めがOh41mである。ワープ伸長開始時迄の記録は殆んど記録ペンの画く同一円弧上にある、即ち殆んど瞬時に高さが降下している事を示す。それ以後は最低1.55mの点迄緩傾斜で降下している。即ち O.B. を投下してスタンバイマーク迄の長さ約55m迄は一挙に出し、その後約0.5分間ワープ伸長を停止して O.B. の落ち付きを見てから機関を前進原速としてワープを伸長している。

此の30秒間のワープ伸長停止中は極く短時間であるため記録には現はれていない。その後に行つたこの様な短時間のワープ伸長停止も殆んど記録に現はれていない。ワープ伸長を始めてから垂直距離の降下記録が緩になつている理由は O.B. が網の位置迄沈む間の網に与へる影響（前方への急進）と次に O.B. が網の位置迄沈みその後手綱を通じて網を下に引つ張り込むため網が袖先を下にして傾斜の形に急に誘導されるので両者の垂直距離の減少も急であるのだらう。

次に降下が緩やかになつたのは前進原速にしてからワープの伸長を始めるので先ず O.B. は左右に展開を始め様とする。従つて今迄の O.B. の沈降速度は鈍る事になり手綱及び網の傾斜も割合緩やかになるであらう。

この事は両者の垂直距離を開く事と一致する。この時又ワープ伸長が行はれ再び O.B. の沈降速力は早くなり網の傾斜も大にならうとする。この事は両者の垂直距離を縮める事である。この両操作が繰り返して行はれるから互にブレーキとなつて記録は緩やかに降下を記録する事になるのであらう。記録③では O.B. 投下直後両者の垂直距離は急降しているが4.2mの処から再び上昇していて、ワープ伸長始めと共に再び急降している。記録②の最低1.55mより再び上昇する点はOh42.5mの処であり、それより3.2mへ即ち1.65m程高くなつている。この様な高さの変化は傾斜沈降中には考へられない。従つてこの上昇に変る点はG.Rが海底に到着した時と考へて良いであらう。ワープ長225mに対して4分間で伸長を終つているからワープ伸長速力は56m/min即ち0.93m/secとなる。従つて網が海底に到着したであらう時のワープ伸長量は56×2=112mとなる。この場合の曳船の対水速力は約4節で水深は70mである。今船と O.B. 迄のワープが直線であるとすると網が着底した時のワープと水面との交角は40度となる。O.B. 着底後は交角は次第に減少する。ワープ伸長終期の伸長速度は初期中期より漁具の重量及び抵抗が大となるので速くなる訳であるが、O.B. が転倒しないためには適度の抵抗を持たせて置かなければならぬためウインチのブレーキに依りワープ伸長速度を制約するので大体初、中、終期の伸長速度は近似的である。

O.B. 及び網の着底後の対地速力（海底流は曳網中と同一であるから対水的にも同じ事になる）は零にはならないがワープ伸長終了後の曳網時より遅い。

従つて最低1.55mより上昇する限度は最初の様な大きな高さにはならず又曳網時のそれより高い。B網記録②の場合では曳網時の平均高さは1.8mでそれより1.5m高い3.3mであつた。以上の理由で記録最低点が網の着底時と見做す事が出来やう。前項で述べた様に O.B. 投下迄に網は $\alpha=10^\circ$（今次実験時の計測で手綱伸長初期12度末期10度であつた）の場合約15.6m沈んでいるからこの記録の場合の水深は70mであるので残りは約54mとなり、その深さを42.5min－40.5min=2minかかつている事になるのでワープ伸長中の網の沈降速力は $\frac{54\ (\mathrm{m})}{2(\mathrm{min})}=27\mathrm{m/min}$ 即ち 0.45m/sec となる。従つて今仮りにこの記録を例にとると次の事が云へる。

O.B. を投下してから $\frac{水深-16\mathrm{m}}{0.45}$ 秒経過した時には網は着底していると云う目安が出来る。O.B. はそれ以前に着底しているであらう。

後に沈降中の手綱の傾斜を述べるが、それに依り網の着底以前どの位の時に O.B. が着底するかを知る事が可能となる。又手綱伸長中の網の平均沈降速度は0.26m/secであつて、O.B. 投下後は平均0.45m/sec

となつて相当量を増加しているのは恐らく O.B. の沈降力が効いて網を下に引き下すためと判断される。

O.B. 着底前にはウインチのブレーキを締め O.B. 沈降速力を緩めて着底させ O.B. の海底泥への突入を防がねばなるまい。この記録例の場合は O.B. 投下後２分間で網が着底して居り、又ワープ長 112m 伸長した時網が着底しているので O.B. はそれ以前に着底する事が考へられるから少くもワープ長70m程度を伸長したらその後伸長速度を緩めて O.B. を静かに着底させる事が肝要である。（第51図参照）

(b)　スクエヤー後縁中央部

（i）　記録器を水戸口に装着した場合

A網記録④とB網記録④がこの場合である。網を平面的に見れば概ねスクエヤー後縁部は中央 G.R. の真上附近にあると見て良い。前天井部の記録と同様投網すると両部は急速に離れるが、網が前進を始めると両者は急速に接近している。手綱の伸長を始める前は船は半速で右旋回しつつあるので網も旋回しつつ同速力で前進している訳である。従つてこの間両者の垂直距離も上下するのは当然であらう。次に手綱を伸長し始めると記録高さが減少しているが、是はスクエヤー部には強制浮力即ち硝子浮子が若干第16図に示す様に装着してはあるものの計測部から若干前方であり又全く強制浮力を持たない身網の自重のため下に引き下げられるので、この影響により前天井部程積極的に効かないのであらう。手綱伸長前（曳船と網は前進しつつある）は流体抵抗のため網の内面からの揚力が効き高さも高くなるが、手綱を伸長すると網の対水速力が減少するのでその揚力も減少し高さも低くなる。

同じスクエヤー部の記録でも⑤⑥の場合は記録器の装着位置は異るが手綱伸長と同時に急激に大きく記録高さが減少している。この場合はスクエヤー部に全く強制浮力を持たないため前者に比べてこの影響が大なのであらう。

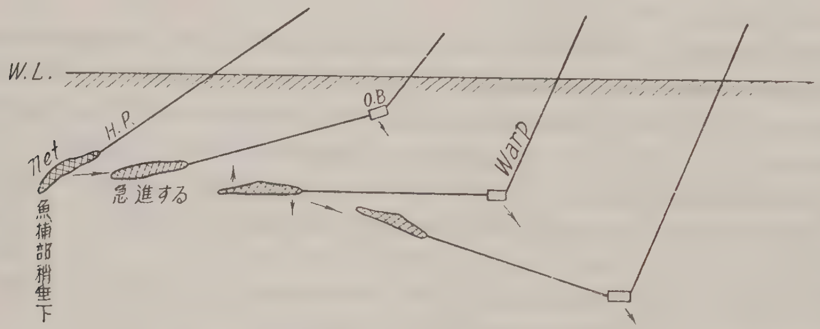
従つて是等流水に依るスクエヤー部を持ち揚げる揚力が零若しくは少くなるのでベチヤンコの状態になるためと考へられる。前述の様に強制浮力が与へられている前天井部等は逆に手綱を伸長すると網高さは増大している。是は流水抵抗が減少するため浮力の働く方向が直上方向に近付くからである，従つて前天井部以外の魚捕部迄の部位では手綱を伸長している時間即ち該部の対水速力が少くなる間高さは減少する。B網記録④は丁度この場合に相当するが、他の場合の様に記録器が袖先より42尺内側の G.R. 上にあつて、その部と網各部との垂直距離の記録等の場合は網の縦方向の傾斜その他が早速高さ記録となつて現はれるので相対応する両者の沈降中の開きは今回は不明である。

(ii)　記録器を袖先より42尺内側の G.R. 上に装着した場合

B網記録⑤⑥⑰⑲に示したのがこの場合である。投網後は前と同様記録高さは急昇しているが前天井部の場合と異り袖先を手綱に依つて船側に引張られているため記録器の位置が中央部 G.R.（水戸口）にある場合より高い処にあるのであらうことと、スクエヤー後縁部より魚捕部にかけて網自体が垂れ下つている傾向があるからか両者の垂直距離が前記の場合程高くなつていない。船が前進を始めると猶は両部の垂直距離が増大している。是は同様に手綱の伸長を停めてあるため網に流水が当りスクエヤー部がふくらみ記録器との垂直距離が離れるからであらう。手綱を伸長すると記録高さが急降している。是はそれ迄袖先が引張られていたのが緩められるため網の対水速力が減少するので身網部の自重が効き魚捕部が垂れ下る格構となり記録器との垂直距離が接近するためかと考へられる。

手綱伸長が終ると再び袖先が手綱を通じて引張られるため G.R部が吊られる格構となり網の対水速力が増加する。手綱全長の⅔程伸した後は機関停止で船は惰力前進となるため船速は次第に低下するがそれに比例して手綱伸長速度も低下するであらうから両者の速力差である網の対水速力は前と大した変化はないであらう。従つて網が流線方向に伸び網がふくらむので記録器と計測部とは再び開き、その垂直距離も高くなる。手綱伸長終後了約30秒程度の短時間後に O.B. を投下しているので（1）項で述べた様に手綱を通じて O.B. の沈降による引張りが網に伝はり両者の垂直距離は大となる。即ち O.B. を投下するとその際の船の行脚は少いのであるから網を袖先から下に引張り込む格構となるので記録器を水戸口に装着し

た場合より垂直距離の開きは大となる。O.B. の落付きを見て良ければ稍々面舵をとり前進原速としてワープを除々に伸長してゆく。B網記録⑤その他の様に O.B. を投下すると直ちに両部の垂直距離が急増している。是は O.B. の沈降により先ず網が急進を起し、それ迄静止状態に近かつたので身網部が垂れ下つていたのが水平となり次に袖先を下に傾斜して引つ張り込まれるので、スクエヤー部より袖先側に装着してある記録器との垂直距離が急増する即ち記録器の方が遙かにスクエヤー部より下位になるためであらう。第47図がその概要図である。



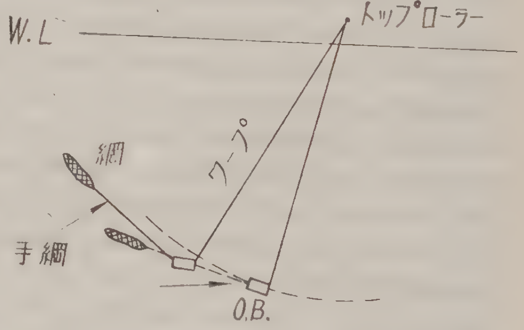
第47図　投網時より O. B. 投下何迄の網の動態

次にスタンバイマーク迄一挙にワープを放出するとワープ伸長を一時中止するので O. B. はギャロースを中心としてそれ迄のワープ長（約55米）を半径とした円弧を画いて動く事になる.

第48図に示す様に O. B 投下後ワープのスタンバイマーク迄は船は前進原速で伸し放しにするので O. B. も自重で殆んど垂直方向に沈降する。勢ひ手網の角度も大角度で立つ事になるが一旦ワープを止めると勿論 O. B. は左右への展開力が生じ開くが、それ以前の様な垂直方向への沈降は止み、前記の様な円弧上を動く事になるため手網の角度も前に比べて緩やかとなる。

従つて再び両者の垂直距離は減少する。(⑤⑥。)

次に前進半速としてワープの伸長を始めると O. B. の垂直方向への沈降量が再び増すため手綱角度も再び立ちそれにつれ網の傾斜も大となるので両者の垂直距離は再び増大する。



第48図　ワープをスタンバイマークで止めた時の O. B. と網の動き

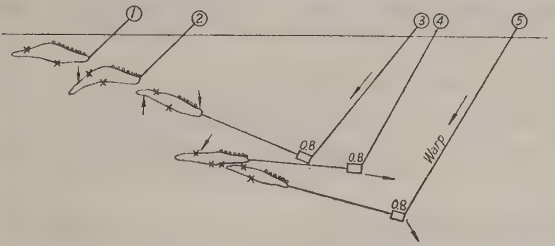
(c)　コッドヘッド前縁中央部

(i)　記録器を中央部G. R（水戸口）に装着した場合

A網記録⑤がこの場合のものである。投網すると前と同様 G. R の自重でコッドヘッド部より G. R（中央部）の方が下位になり両者の垂直距離は漸時増すが或る程度増すと身網の自重のため魚捕部が下に垂れ下つた状況で降下するのであらう。 O. B. 投下直前より両者の垂直距離は降下を始める傾向が見える。しばらくこの侭の状態で居れば相当量降下したであらう。此の場合は直ちに O. B. を投下しているので、それの沈降力に依り袖先を下にして網が傾斜して引き込まれるので両者の垂直距離は再び増大している。

再びワープを伸長する段階に於ては船は前進原速であるためワープ伸長直前はワープ伸長中止の侭若干時間網は前進する事となる。従つて此の間急に網の対水速力が増加するので、袖端を下にした格構から水平形状に近づく訳である。

従つて記録器と計測部との垂直距離は少くなる。又逆に網の対水速力が増すので身網は揚力のためふくらむ。両者の正負の作用が結果として記録されA網⑤の様に僅かに垂直距離の降下を示したのであらう。（第49図）。ワープの伸長を始めると O. B. の垂直方向への沈降が増加し再び網は袖端を下にした傾斜形状となるので両者の垂直距離は増加する。



①……投網直後
②……O.B. 投下直前
③……O. B投下後
④……ワープをスタンバイマークで止めた後
⑤……ワープ伸長中

第49図　コッドヘッド部と水戸口との垂直距離の変化状態図

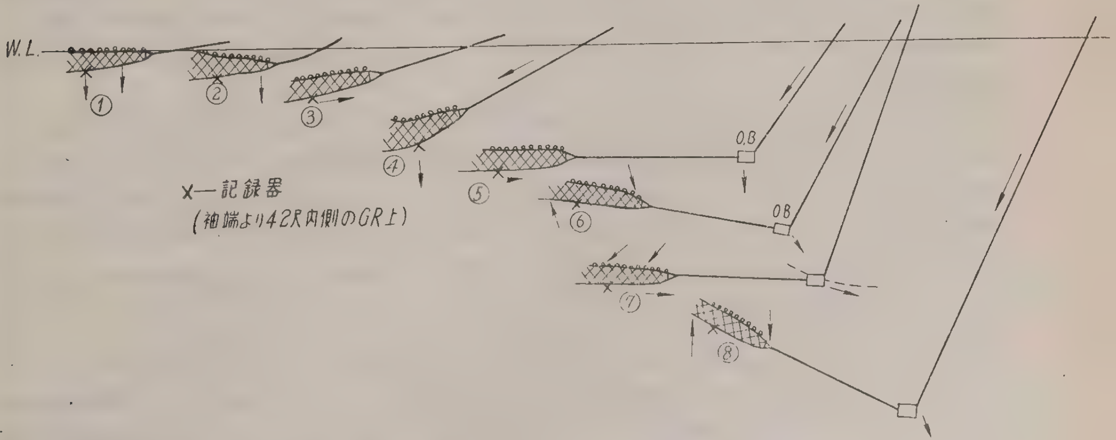
(d) 袖　端　部

(i)　記録器は袖先より42尺内側の G. R. 上に装着した場合

B網記録⑨がこの場合である。投網後は G. R. の自重と袖先の浮力の差で両者の垂直距離は増大する。然し増大曲線を見ると最初の1分間は曲線が割合立つているがそれ以後は稍々緩やかになつている事が判る。是は G. R. は自重で沈むが袖先は水面に残る。次第に袖先は沈み始めるため両者の垂直距離の増大具合が緩慢になるのであらう。手綱を伸長し始める前に前進半速とするのでその間両者の垂直距離が少くなる傾向が見える。是は網の対水速力が急に加わり手綱が張られるためであらう。爾後手綱を伸すと再び袖が緩められるので対水速力が減少し再び G. R. の自重が効いて沈降量が増大するからであらう。次にO. B. を投下すると前述の様に袖端を下に網は傾斜して引き込まれるから両者の垂直距離は急減する。O. B. 投下時の垂直距離4.8米から1.2米程度下るのに殆んど時間を要していない。是は急に袖先を下にした或る傾斜角迄網成りが変るためで急に垂直距離が減少する事が推察される。

それ以後若干曲線が緩やかになつているが是は網の傾斜が或る程度迄になつた後であるからだらう。逆に両者の垂直距離が負になつている，

是は明らかに袖端計測部の方が記録器より低い位置に来た事を示すものである。以上を図解したのが第50図である。



第50図　袖端と袖端より42尺内側の G. R（記録器の位置）との投網後の関係

註 ①……投下直後 H. R. 部は全部水面にあつて G. R. 部が自重で沈下する。従つて垂直距離は増大している。

②……前天井部丈水面に残り袖部の H. R. は沈下する、それ丈垂直距離の増大速度は減少する。

③……曳船が前進をかけるため網も前進を始めて両者の垂直距離は減少を示している。

④……手綱を伸長するので③の場合より網の対水速力が減るので再び G. R. が沈み垂直距離も増大する。

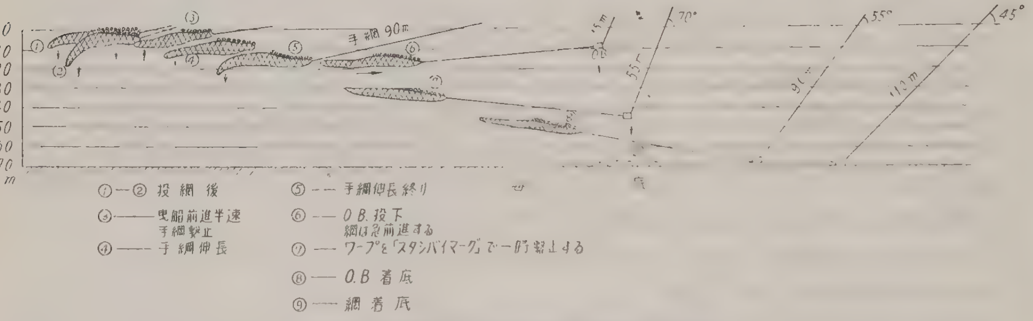
⑤……O. B. 投下のため網が急進を起すので同じく両者の垂直距離が急減する。

⑥……O. B. が網の位置より下になつたので網が傾斜するから両者の垂直距離が益々減少する。

⑦……ワープ伸長をスタンバイマークで一時停止するので網の傾斜が減る。是は短時間であるから減少としては記録されない。

⑧……再びワープを伸長するのでO. B. の沈降量が増加し網の傾斜が大となつて、垂直距離が減じ負の高さとなる。記録⑨では−0.2mであつた。

網が着底した後は両部の垂直距離は少くとも正とならねばならぬ。従つて−0.2m の記録から網高さが増大し始めたOh 18mがその時と見て良いであらう。O. B. 投下がOh16mであるから2分間を要している事になる。この時のワープの伸長速力は0.83m/sec であるから2分間では 99.6m となり、ワープを約100m伸した時に網が海底に到着した事になる。この場合の水深は 66m であるので記録②の水深 70mで112m のワープ伸長量と良く合致する。



第51図 投網時より着底時迄の漁具の動態

第51図に示したのが投網時より網が着底する時迄の漁具の状態を示したものである。⑤〜⑥はO. Bが網の水深位置迄沈下するので、網は急に前進させられ垂直方向への沈降は少い。又ワープ伸長中（⑦即ちワープ長55m伸した時）のワープと水面との交角を70度とすなば（この実験時の実測値）手綱及び網の傾斜は約6度となる。

作図すると O. B. はワープ長90m伸長した時着底する。この時のワープと水面との交角は55度であつた。

又 O. B. の着底時⑧から網の着底時⑨迄の網の垂直方向への沈降速度は速くなつている。この場合ワープの伸長速力は 0.93m/sec、①〜⑤ の網の沈降速力は 0.26m/sec、手綱の伸長速力は 1.5m/sec 手綱長 90m 水深70mであつた。O. B. 投下時の網の位置は水面下約 15.6m の処である。⑥より⑦へはワープを 55m−15m＝40m伸した時であるからその所要時間は $\frac{40}{0.93}$ ＝43秒である。従つて網は0.45（m）×43（sec）＝19.35mである。

即ち⑦の網の位置は⑥より更に19m深い35mの処となる。その時の O. B. を結んだ線は約6度となつた次に⑦〜⑧迄の網の平均沈降速力は前に述べた例をとれば0.45m/secである。⑧はワープ長 90mであるからワープと水面との交角を55度にすれば丁度 O. B. は海底に到着した時となる。その間約38秒を要する訳であるので0.45(m)×38(sec)＝17.1m ⑦より17.1m深い処即ち52mの処になる事となる。その時の手綱

又は網の傾斜は約10度となつた。次にワープ長が大体 110m の時網は着底している様であるから⑧～⑨迄の網の沈降速力は次の通りである。即ち更に20mのワープを伸すためには約21. 5秒かかるのでその時間で網は70m—52m＝18m沈まなければならない事になる。従つて$\frac{18\text{m}}{21.5\text{sec}}=0.84\text{m/sec}$が⑧～⑨迄の網の垂直方向への沈降速力となる。

この間は手綱又は網の傾斜は次第に減少し⑨で全く零となる。

（2） 曳網中

（a） 曳網中の網漁具の形状に就て

（i） 網高さ計及びG. R. 展開計に依る

B 網の網高さ計記録中より同一条件のものを撰び出し（第30表）曳網中の網成りを作図したのが第52図である。

第52図の平面図の G. R. 曲線は今次実験では計測しなかつたので28年夏日本水産戸畑支社のトロール船筥崎丸で行つたものである。この場合の網の大きさ、水深、ワープ長、手綱長、ワープ角、対水速力は今回実験に依る第52図の操業状況と略々近似的であつたので流用した。又網地の「フカレ」の彎曲線は第31表に示す様に網目の寸法に依りその曳網中の開き具合を推定して出したもので作図した。又断面図も同様な方法と平面図及びレーシング部の記録等より算出して作図したものである。計測し得なかつた部分（第30表の作図条件に適しない計測部）を第52図より求めたのが第32表である。

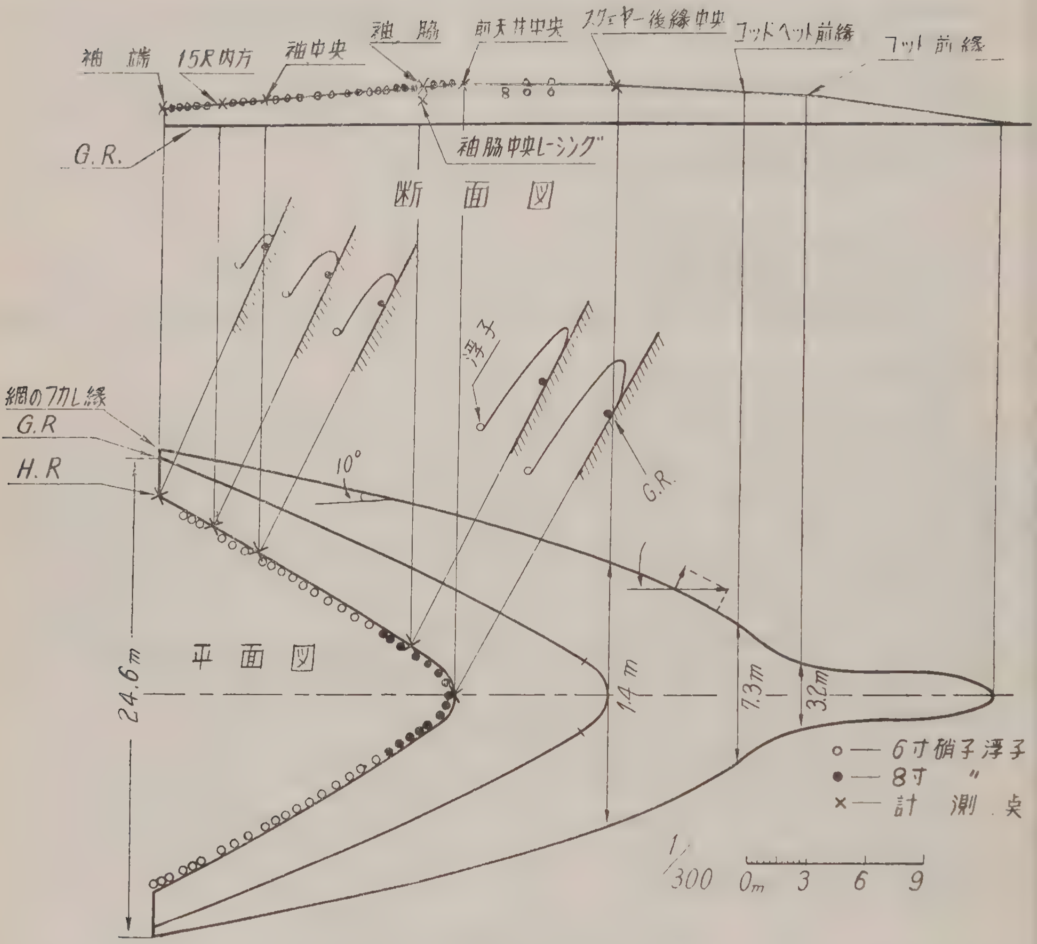
第 30 表

項　　　目		記　　　事
ヘッドロープの長さ	128尺	袖＝6寸玉19個両袖で38個中央ヘッドロープ8寸玉5個スコヤー部＝6寸玉10個装着
グランドロープの長さ	177尺	
ワープの長さ	250m	
手綱の長さ	90m	
オッターの種類	V. D 式	
曳船の対水速力	2.5 kt	
ワープの角度	13 度	
風と曳網針路	順風曳網	
水　　　深	70 m	
底　　　質	泥	

第 31 表

計測部位	網高サ	1/300	目ノ開キ	目数	網丈	1/300
袖端	0. 72m	0. 34cm	潮切	ワイヤー	1. 7m	0. 85cm
袖端ヨリ15尺内方	1. 08	0. 36	4寸	35	140寸4. 2m	0. 4
袖中央	1. 39	0. 46	4寸	46	184寸6. 1m	2. 0
袖脇	1. 82	0. 60	2寸	70＋36＝106	412寸 11m	3. 6
袖脇レーシング	1. 23	0. 41				
前天井中央	2. 03	0. 68				
スクエヤー後縁中央	1. 75＋0. 18＝1. 93	0. 64				
			目ノ開キ	横ノ目数	網ノ横幡	1/300
スクエヤー後縁中央	1. 93	0. 64	2寸	230	460寸 14m	4. 6cm
コッドヘッド	※ 1. 65	0. 55	2寸	122	244寸7. 3m	2. 4cm
コッド前縁	※ 1. 50	0. 50	1. 5寸	70	105寸3. 2m	1. 1cm

※　は側面より逆に求めた数値である。


袖　端
15尺内方
袖中央
袖　脇
前天井中央
スクェヤー後縁中央
コッドヘッド前縁
コッド前縁
G.R.
袖脇中央レーシング
断　面　図
浮子
網のフカレ縁
G.R
H.R
10°
G.R.
24.6m
平　面　図
14m
7.3m
3.2m
○— 6寸硝子浮子
●— 8寸　〃
×— 計　測　点
1/300
0m　3　6　9

第 52 図　曳網中の網成り

上網と下網との接合部であるレーシング部の高さはB網記録⑪に示す様に該部直上のヘッドロープ部の高さの½以上（即ちH.R. 部1.82米、レーシング部1.23米）の処にあつて、断面は第52図に示す様に異常に偏平な形状となつて居り、袖脇部のレーシング部より上の網地はヘッドロープ部にかけては殆んど平らと云つても差支へない程傾斜がない。是丈の網地の彎曲があつて始めて如上の各部の高さを保つ事が出来るのであるが、又是等の彎曲網地を浮力その他ヘッドロープ長と G.R. 長の加減で又は網地の縮結等の改変で更に網高さを向上し得られるかを今後更に漁具学的に追及されねばならぬと考へる。第52図の平面図に見られる様に網地の「フカレ」彎曲の外縁は割合滑らかであるが果して極部的に如何であらうか。袖端よりA点附近迄は流水方向（網の進行方向と見做す）と約10度の傾斜であるが次のB点迄は約27度の傾斜となつている。流体の網地に働く力を第52図平面図に示す様に$\overrightarrow{OD}$とすれば、$\overrightarrow{OE}$は網地に直角に働く力であり、$\overrightarrow{OF}$ は網地に添つて働く力であり、この二者に分ける事が出来る。$\overrightarrow{OE}$ は網地を外方に開かうとする力となり、$\overrightarrow{OF}$ は網地を後方に流さうとする力となる。網地が流体方向となす

第 32 表　作図より求めた未計測部の高さ

部　　位	高　サ
コットヘッド前縁	1.5+0.18=1.70m
コ ッ ド 前 縁	1.2+0.18=1.40m

角度が小さい程$\overrightarrow{\mathrm{OF}}$は大となる。以上より考へて所々に網地のヒダ(皺)が寄るであらう事が推察される、この「シワ」は入網しやうとする魚にとつて入網しやすい状態であるかどうか。即ち袖に添つて自然に魚捕部に入らうとする魚はこれらの「シワ」のために動きに変化を起す事も考へられる。又この「シワ」は流体的に見ても不安定なものになり勝ちでフラツターリング(バタバタする)を起す原因とも考へられる。この点から考へてフラッパーの装着位置も相当研究の余地がある様に考へられる。一方側面図を見るとヘッドロープ部は袖端から天井中央部迄約4度の傾斜で高くなつているが天井中央とスコヤー後縁中央部との高さは略々同高（天井部2.03米、スコヤー後縁部1.93米）であつた。然し記録中の或る時刻では逆に前天井部が低くなつているであらうと思はれる（同時計測でないから完全比較は出来ない）場合がある。是は曳網中スクエヤー部の上面より流水が当り逆に天井部を圧下させる逆揚力が働く事が考へられる。この状況を推察して見ると何らかの作用が加わると前天井部が突つ込みスクエヤー後縁部の方が上り又何らかの時前天井部の方が上になると云つた様なスクエヤー部が上向いたり下向いたりする運動が起る可能性が考へられる。今スクエヤー部の傾斜が上向き又は下向きに曳網中に変化する事が良い事でなければ、前天井部とスクエヤー後縁部との強制浮力差を予め強めて置き常に前天井部がスクエヤー後縁部より高くなつている様にした方が良いであらう。即ち今次実験時のスクエヤー部に装着した6寸玉10個を除去し、それだけ前天井部に余分に装着した方が得策の様に思はれる。従つてスクエヤー部が常に進行方向に対して上向いている様にすれば必ず揚力により益々スクエヤー部が持ち揚げられる格構となる。この部分にキャンバス等を適当に張り揚力を有効にするのも一方法と考へられる。実際是れを行つて効果を挙げている船長も居るが逆にキャンバスを装着して不成績に終つている船長もいる、是は反つてスクエヤー部の傾斜で逆効果となつているのではないだらうか。次に網の前進方向への投影面積を求めると

袖部の投影面積……$11.6\mathrm{m}^2 \times 2 = 23.2\mathrm{m}^2$
前天井部の投影面積……$9\mathrm{m}^2$
計　$32.2\mathrm{m}^2$

概略B網の場合 $32\mathrm{m}^2$ となる訳である。

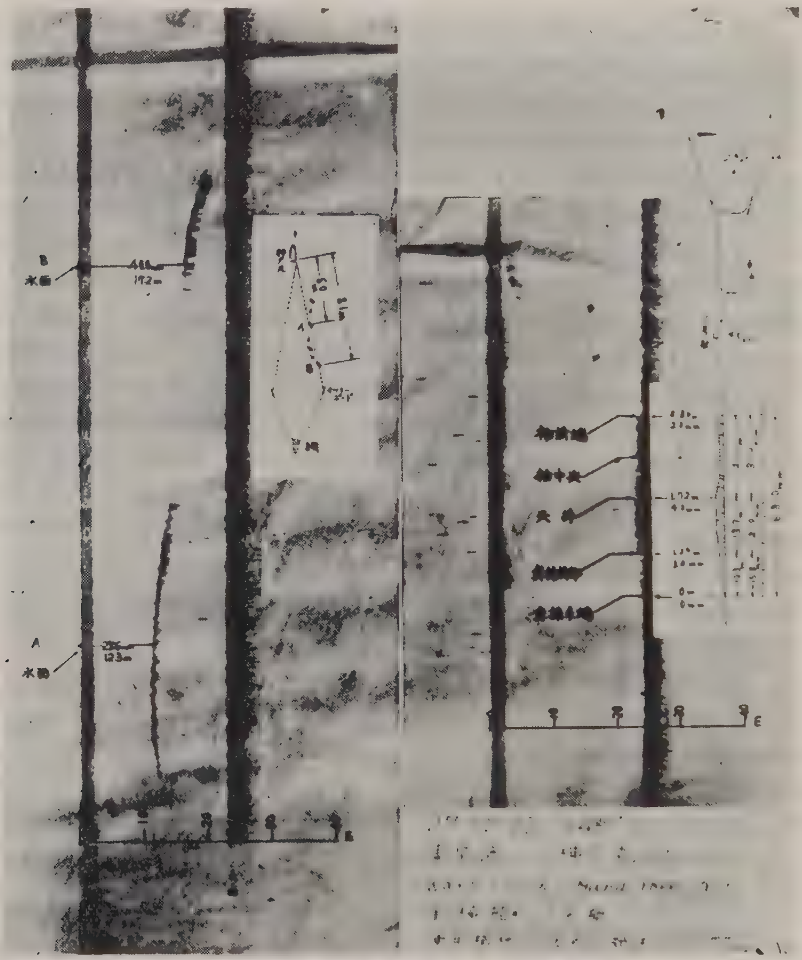
(ii) 超音波に依る網の形状

昭和27年12月東京水産大学助教授山口芳男氏と共に筆者葉室が行つた同大学実習船神鷹丸（永山政行船長）でのトロール網の超音波に依る計測実験の結果を書いて網高さ計記録との参考とする。

実験場所	東京灣羽田沖
使用機械	双葉理工株式会社製 16K.C.　50meter range 記録紙送り速度　100mm/min
実験艇	同大学7号艇に送受波器装備
漁具	146尺トロールネット（C網） ワープ長　130m（22mm　ワイヤー） オッターボード　整調式 手綱長　100m
潮流	無し
水深	24m
底質	泥
曳網速力	2.4kt
7号艇速力	4.5kt

神鷹丸で前記の漁具を用い曳網させ、7号艇に音響測探器を装備して計測した。先ずワープ上を第53図に示す要領で二回横切りワープ延長上に艇が乗つた時神鷹丸の後部ギヤロースと7号艇との測距をなし再

び反転してワープ上に乗り前の手続きを繰り返した。次に網の魚捕部から網上を第53図の様に乗り切り計測し網高さ及形状を記録したものである。



第53図 音響測深機によるC網の記録

（イ） ワープの解析

ワープを7号艇で横切ると記録中で最も浅い処が丁度ワープの真上に来た場合と見て良い。又ワープ延長上に7号艇が乗つた時記録上にマークした。此の両者が一致した。その二個所の深さを記録上に求めたのが第33表の上欄である。次にトーイングブロックの位置を水面上1.2mとして水深25mの処をワープ長130mで曳網したのであるからO.B.迄ワープがトーイングブロックから直線で作図して各々の距離60，80mのワープの深さを求めると第33表の下欄の様な数値となり殆んど音測記録より求めた深さと合致する。従つてこの場合は少くともワープはO.B.迄曲線を画かず直線である事が判る。

第33表 ワープ記録と作図との比較

神鷹丸後部ギャロスからの距離	60m	81m
記録上のワープ迄の深さ	12.3m	17.2m
作図上のワープの深さ	12.05m	17.2m

（ii） 網漁具の解析

記録長 68mm の完了する時間は40.8秒であつた。網の全縦長は 44m である。

$$\frac{10.3\text{m}}{\text{魚捕部＋コッドヘッド}}+\frac{13.7\text{m}}{\text{ベーチンスクエヤー}}+\frac{20\text{m}}{\text{袖}}=44\text{m}$$

神鷹丸の曳網速力は 2.4kt で 1.08m/sec であり、7号艇は 4.5kt で 2.28m/sec であつたので網と7号艇との速度差は 2.28m/sec－1.08m/sec＝1.2m/sec 即ち 2.4kt である。今網を停止したものと考へるとその上を7号艇が 1.2m/sec の速度で後方より図の様に縦断したと見做す事が出来る。次に記録を魚捕部コッドヘッド・ベーチングスクエヤー部・袖部とに分けるとその縦断所要時間は

$$\frac{10.3}{1.08}=9.5\text{秒}$$

$$\frac{13.7}{1.08}=12.7\text{秒}$$

$$\frac{20}{1.08}=18.5\text{秒}$$

となる。従つて記録紙上で各部を分離すると

$68\text{mm}\times\frac{9.5}{40.8}=15.8\text{mm}$………魚捕部、コッドヘッド

$68\text{mm}\times\frac{12.7}{40.8}21\text{mm}$……………ベーチング、スクエヤー

$68\text{mm}\times\frac{18.5}{40.8}=31.2\text{mm}$………袖

となる。是に基いて各部を分類したのが第53図下段である。記録 1mm が実際の 0.43m に相当する。記録より求めた網側面の要目を第34表に示す。

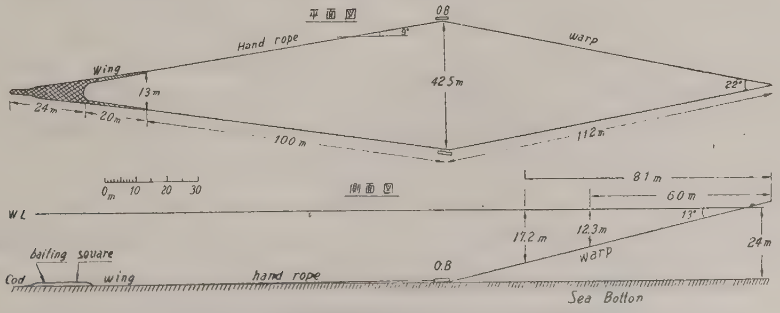
第 34 表　音測記録より求めた網各部の高さ

	魚捕部末端	コッドヘッド部前縁	天井前部	袖　　脇	袖　中　央	袖　　端
記録値	0mm	3mm	4mm	3mm	2mm	2mm
換算値	0m	1.29m	1.72m	1.29m	0.86m	0.86m

自記式網高さ計記録より求めた曳網中の側面図と超音波による記録の網の形とが良く合致している事が判る。然し超音波に依り求めた網各部の高さの精度は猶ほ不明である。従つて是が正確な網高さであるとは申せない。只全体形状と大体のオーダーは参考になる。

（b）　曳網中の全漁具の形状

前項超音波に依る記録の様に水深 24m でワープ長 130m の場合は殆んどワープは直線である。水深が増すと若干の彎曲も考へられるが先ず直線と見て良い。従つてワープ展開角で作図して求められたものが O.B. 間隔であり、それより G.R. 曲線より求めた袖間隔と手綱長に依り作図したものが曳網中の全漁具の形状


平面図
OB
Hand rope
9°
warp
Wing
13m
42.5m
22°
24m
20m
100m
112m
0m 10 20 30
側面図
81m
60m
WL
13°
17.2m
12.3m
24m
warp
bailing square
Cod
wing
hand rope
O.B
Sea Botton

第 54 図　神鷹丸整調式トロール網の曳網図

と考へて大差ないであらう。

O.B.の展開力を一定対水速度に於ては不変であるとすれば袖間隔を拡めるためには網の抵抗を少くしてO.B.への負担を少くして手綱長を加減する事が考へられる。短くすれば勢い袖間隔は広まるであらうし、長くすれば逆に狭くなるであらう。然しそれにも限度があり或る限度を越へるとO.B.の展開性能その他が変つて来るためその間隔が狭くなり勢い袖間隔も逆に狭まる事にもならうし、又O.B.の安定を欠き不安定ともなるであらう。従つて或る対水速力に於て最も良いその網漁具に対応した手綱長と云うものがあると考へられる。将来この最良の手綱長の究明も肝要な一項目であらう。

（c） 逆風曳網と順風曳網との網高さの関係

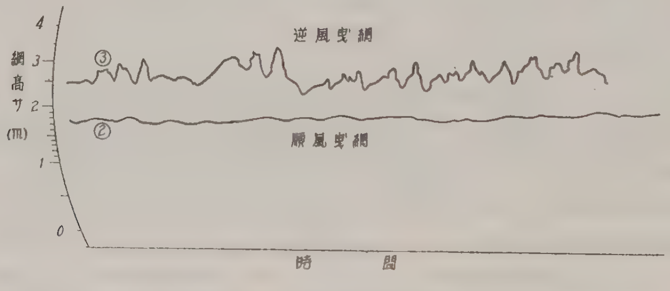
第55図から第59図迄は同一漁具同一硝子浮子、同一漁場で同一計測部位の計測を逆風曳キ、順風曳キで曳網した場合の高さ記録の比較である。網の構造及び曳索等総べて同一のものを使用して居り、水深、底質、ワープ角も表に見る様に顕著な差はない。只一つ逆風と順風の場合とでは曳船の対水速力は次表第35表に示した二、三例の様に異つている。

模型実験（一部を漁研技報5号に発表）でも明らかな様に網の対水速力が増すにつれ網高さは各部共減少する。この場合逆風曳網の場合の曳網速力は順風曳網の場合のそれより相当大である。又B網記録⑪⑫⑭⑱⑲は同一曳網時に於いて変針により逆風曳網より順風曳網にした場合のもので、その網高さの変動具合が良く判る。即ち順風曳網になると非常に滑らかな変動のない記録となつている。

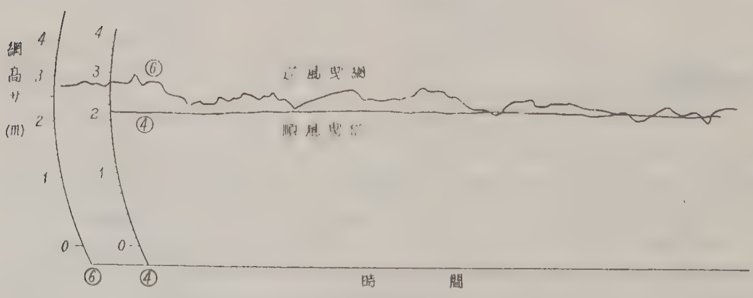
第35表

	逆風曳網の場合の船の対水速力	順風曳網の場合の船の対水速力
第55図	4.0kt	2.2kt
第57図	4.0kt	2.5kt

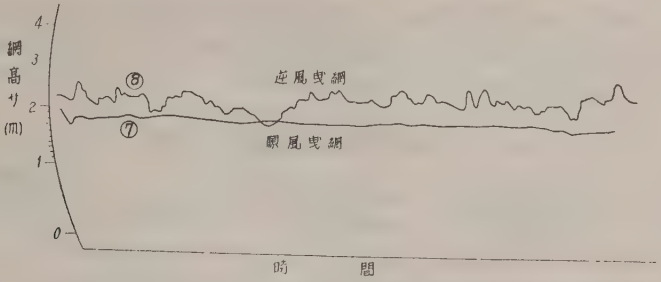
然るに曳船の対水速力が大なる逆風曳網の場合の方が各部の網高さは順風曳網の場合より相当高く記録されている。又逆風曳網の場合は各部共曳網中の網高さは不安定で甚しく上下運動が図に示す様に記録されている。順風曳網の場合はその上下運動が殆んど見られない。是は風に依つて生ずる表面流が相当あると考へられる。一応海底附近の流れと表面のそれとが全く零であつたと仮定すれば、風に依つて表面流が出来れば



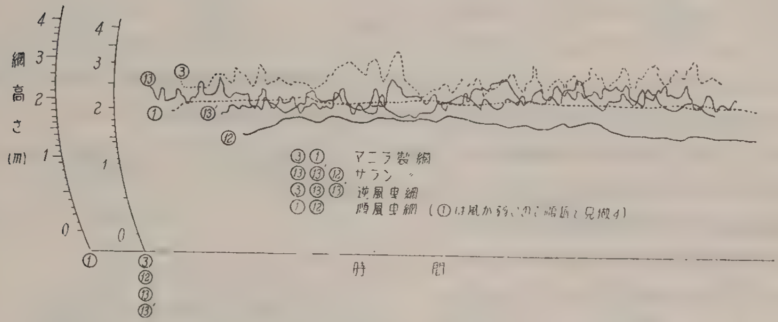
第55図 B網前天井中央部の順風曳網と逆風曳網との網高さ



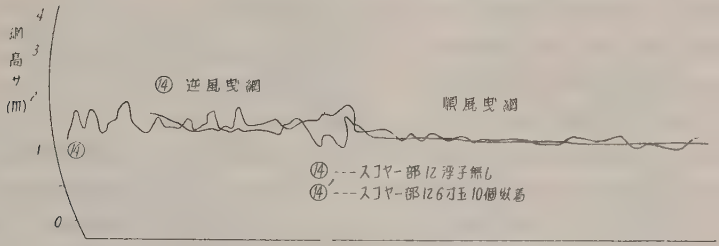
第56図 B網スクエヤー後縁中央部の順風曳網と逆風曳網との網高さ



第 57 図 B網袖脇部の順風曳網と逆風曳網との網高さ



第 58 図 マニラ製網とサラン製網との前天井中央部に於ける順風曳網と逆風曳網との網高さ



第 59 図 B網袖脇レーシング部の順風曳網と逆風曳網との網高さ

逆風曳網の場合の曳船の対水速力は表面流速だけ加わつたものとなり、順風曳網の場合その表面流速だけ減じたものとなる。勿論正確に云へば表面流速に影響されて実質的曳船速力（対地速力）も影響を受ける訳である。然も逆風曳網の場合は曳船の進行方向から風圧及び波浪圧を受けるのであるからその影響に依り曳船の対地速力は減ずる事になる。従つて両者の場合の対地速力はむしろ順風曳網の方が逆風曳網の場合より大である事は当然であらう。逆風曳網の場合は波浪と船体との関係等又は風圧抵抗等に依り曳船の対地速力も甚しく不定なものとなり、割合波の抵抗の少い様な船体と波浪との出会ひ具合等もあり対地速力の増大する時と甚しく抵抗が増大して対地速力が減殺される場合とが生ずると思はれる。（技報3．4号の魚量計参照）又順風曳網の場合は常に風浪共曳船対地速力増加へ影響するし、逆風の場合程対地速力の変動は大きくはないであらう。以上より考へて曳船の対地速力は一応網の対地速力であり、潮流を無視すれば逆風曳網の場合の方が順風曳網の場合より網の対地速力は小となる。小なる網の対水速力である逆風曳網の方が網高さは、大なる対水速力である順風曳網の場合より高くなるのは当然である。是は模型水槽実験と良く合致する。又逆風曳網の場合は対水速力に甚だ変動があり速くなつたり遅くなつたりするので勢ひ網高さも上下運動をする事になる。順風曳網の場合は速力が安定しているので上下運動が殆んど無い場合が多い。その上下運動も

記録上では甚しいのは0.6~1.25mもある。是は大体風速と波浪の大小に比例している様である。その周期も5~10分間程度のものが多いが、波浪の大きさと船の長さ等との関係に原因しているのではないかと考へられる。第36表はその上下運動の量を示したものである。

第36表　逆風曳網時の網各部の上下量

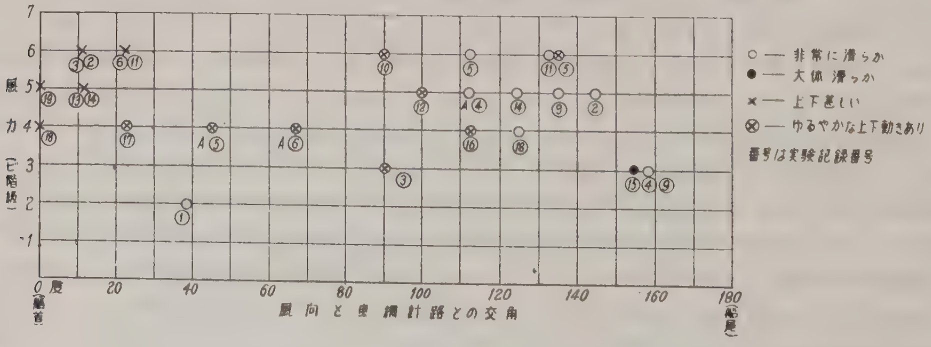
	計測部	逆風曳網時の平均網高さ	順風曳網時の平均網高さ	前二者の差	逆風曳網時の網高さの高低差		
					最高	最低	平均差
第55図	前天井	2.6m	1.8m	0.8m	3.4m	2.25m	0.7m
第56図	スコヤー後縁	2.4m	2.1m	0.3m	2.7m	2.2m	0.5m
第57図	袖脇	2.25m	1.8m	0.45m	2.5m	1.8m	0.2m

計器の性能上急な上下運動に対しては若干の遅れがあるので実際は記録値より多少多い目であらう。次に順風曳網と逆風曳網との得失であるが、両者の特徴を比較したのが第37表である。

第37表　順、逆風曳網の特徴

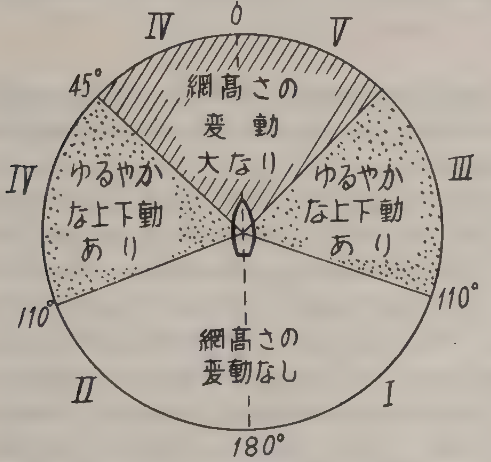
	順風曳網	逆風曳網
網高さ	低い	高い
高さの変動	無い又は少い	大
網の対水速力	大	小
網の対地速力	大	小
網の動き方	平均的	不平均
一網の平均入網魚量	17函	6函

以上より考へて先ず網高さが高い事に於ては逆風曳網の方が優つているが、曳網速力が遅く単位時間の曳網距離が少い損失がある。又網の上下運動又は横の網地の振れのため魚の入網が容易に出来るかどうかが疑問となる。即ち威嚇になり魚の入網をさまたげる事になるのではないか。順風曳網の場合は一応網高さは前者に比べて低いが網が安定して曳網速力も速く従つて単位時間の曳網距離が前者より大である特長がある。是等は飽く迄魚の生態と重要な関連性があり一挙に結論は出せない今後魚の生態との関係を究明する事に依りその是非を決定する必要があらう。然し風浪のある場合魚は割合海底より離れる性質を持つているものもある様であるので、この様な場合、それらを捕へるためには網高さの増大が必要であらう。網高さを高くする一手段として逆風曳網も考へられるが、今次の実験例で順風曳網と逆風曳網の場合の漁獲量を示したのが第37表の下欄で見ては明らかに逆風曳網の方が漁獲量は少い事を示している。上下運動なく網高さを増す方法は漁法的に見れば網の対水速力を落す事に一致するとも云へる。第55．56．57．59図はB網の順、逆風曳網時の比較であるが、その中第58図は同一構造同一硝子浮子配置のマニラ製トロール網

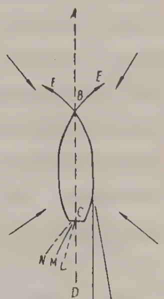


第60図　風向と曳網針路との関係による網高さの変動状況

とサラン製トロール網との前天井部の計測記録である。順、逆風曳網共マニラ製トロール網の場合③①の方が網高さは高い。又⑫はサラン製トロール網の順風曳網時の記録であるが①と比べて約0.2m 低く然も緩慢な上下運動を記録している。是等はマニラ製網とサラン製網との材料的性質（例へば糸の表面粗度に依る網地の揚力の多少とか、水中重量等）の影響が多分に入つているのではないかと考へられる。この場合上記のサランの長所が逆に欠点となつている様であるのでサラン等の合成糸の場合はそれに適合した設計が望ましい様である。第59図は袖脇レーシング部の記録であるがスクエヤー部に硝子浮子を装着したものと全く装着しないものでも袖脇レーシング部には大した影響を与へていない事が⑭⑭′の記録から判断される。第 60.61図に示したのは風向と曳網針路との交角が如何に網高さの上下運動と関係あるかを示したもので、横軸がその交角度を現はし縦軸が風力（ビューフオート風力階級）を現はす。角度の少い即ち曳網針足に近い方向から風が吹いている場合（逆風曳網）は甚しく網高さの上下運動が起つて居るが、同じ逆風曳網でも記録①の場合は風力が2程度で弱いため滑らかとなつている。又角度が大なる程即ち曳網針路の反対方向から吹いている場合（順風曳網）は風力の階級の如何によらず網高さの変動は大して起して居ない。曳網針路、曳網中の船首方位を零度として両舷へ各々45度以内から風が吹いていると甚しく上下運動があり 45～110 度から吹いている時はゆるやかな上下運動を起している。110度より船尾の間の風向の場合は大体上下運動は起していない様である。大体綜合して風力3以上の場合は風を船尾より両舷各々70度の間より受けて曳網する事が望ましい様である。第55図～第59図の記録は全部左舷から風を受けている場合である。風がある場合右舷にそれを受けるが良いか、左舷に受けるかに就ては第 62 図に依り明らかである。即ちトーイーグブロックは現在右舷船尾附近にあるので曳網中はワープ（漁具の抵抗）の張力のため船首を $\overrightarrow{BF}$ 方向即ち右に回す力が働く、$\overrightarrow{DA}$ なる針路を保持するためには $\overrightarrow{BF}$ を打ち消す $\overrightarrow{BE}$ のモーメントが必要である。此の為に取舵 $DCM=\alpha$ を取る事が必要である。今左舷孰れの方向より風を受けても船体抵抗は大部分トーイングブロックの点より船首間に受け船首を右舷に回す力が働くため、定針路保持のためには益々当て舵量を増し $DCN=\beta$ を取る必要が生じる。



第 61 図　風向と船首方位と網高さ変動との関係



第 62 図　曳網中の風向舷と当舵量

次に右舷より風を受けると船首を（$\overrightarrow{BE}$ 方向へ）に回す力が働くのでワープの張力により生ずる船首を右に回す力を或る程度又は全く打ち消す事となり当舵量も少く $DCL=\theta$ で済む事になる。適当の風であれば $\theta \fallingdotseq 0^\circ$ の場合もある筈である。

$\beta > \alpha > \theta \geqq 0^\circ$ であるから左舷から風を受ける場合の当舵量 β は最大となつて曳船速力を殺す程度も最大となるか定針が困難となる。この速力を減ずる最も少い当舵量である θ° の場合即ち右舷より風を受けるのが最良と云う事になる。左舷正横より風を受けるとワープが船尾に敷かれる恐れが生ずる曳網中の風の受け方は第61図の（Ⅰ～Ⅵ）番号順がその優劣の順序となる事になる。

（d） 曳網中の変針と網高さとの関係

（i） 前天井中央部

A網記録①の 3h43m に回頭を始め 3h54.5m に終つて定針している。回頭前の針路は NNE で終了時がE（変針量68度）であつた。此の場合のワープ展開角は13.5度であつたのが回頭を始めると最狭8度に減少した。又網高さは 2.01m より 2.25m に増加（0.24m）して再び下降している。此の変針中前天井部の網高さの増大する理由は次の二つの事が考へられる。一つはワープ角度が小さくなつているので当然両 O.B. 間隔が狭まり両袖間隔も狭まるであらう。両袖間隔が狭まると（前号に既に述べた）当然前天井部の網高さは増大する。二つは変針時は網の対水速力が低下することが考へられる。

従つて網高さも前天井部その他強制浮力装着してある部分に限り増大する。この二つの理由で前記の様な 0.24m の網高さの増加を示したと思はれる。

（ii） 袖脇レーシング部

B網記録⑪の 2h7m の処で針路 WSW より N に 101.5度右廻りに回頭を始めた。記録上では一旦網高さが 1.75m から 1.9m に 0.15m 高くなつてから再び 1.4m に下降している SW より約 9m/sec 吹いていたので変針直後の網高さの上昇に前項で述べた様に「逆風曳網」中に起る網高さの上下運動の一部であるかも知れない。又針路Nは順風曳網となるため網高さは安定し然も低くなつている。然し針路が完全にNに向いた時が丁度 2h14m でその時の高さは 1.75m であつて、この点から急降して網高さは 1.4m となつている。即ちこの時は完全に順風曳網の状態になつていたからであらう。然し前天井部の場合より考へても変針時はこの場合も高くなる事が考へられる。

(iii) スクエヤー後縁中央部

B網記録⑲の 2h34m 針路 SW より右に回頭を始め 2h39m 針路 N に定針した。変針量は 135 度である。この曳網中は風力5程度で波浪も可成あつた。風向は SW であつたので変針前は 逆風曳網で変針後は順風曳網となり両者に相当顕著な網高さの変化量がある。

変針前の網高さは 1.9m であつたのが変針中次第に減少し開始より 2.5分間目に急に減少して4分間目に最低を記録し再び上昇を始め変針終了時には 1.9m となつている。是は変針を始めた後暫らくは単位時間の変針量が少く次第に変針量が増大する。この変針量に比例してワープ角の狭まりと対水速力の低下が起るので最初の間は網高さの低下量が割合少く、次に急激に対水速力も減少しワープ角も狭くなるために急に2.5分目より網高さが減少するのであらう。又予定針路に近づくと右舵の当て方も少くするので再び単位時間の変針量が減少するので網の対水速力が増加し、ワープ角も次第に元に復するので網高さも元の高さに急に快復するのであらう。この場合前記二者の場合と異り変針開始によつて網高さは逆に減少している。是は此の部分には強制浮力（硝子浮子）が装着してないので前にも述べた様にこの部の網高さは大部分流水抵抗による網地を持ち揚げる揚力に依つて保つているのであつて、流水速力が低下する事により流水抵抗に依つて生ずる揚力が減少するため網高さは当然低下する。若しこの部に強力な強制浮力を装着してあるとすればやはり前天井部と同じく変針中網高さは増大する筈である。

(iiii) コツドヘツド部

A網記録⑤の 1h7m に針路Wから右回頭を始め 1h17m に針路Nで定針した。風は SW より 5m/sec 程度吹いていた。この場合も計測部に強制浮力がないので当然網高さは変針中低下する。この低下量は変針前 2.01m が回頭始めより6分間目の 1h13m に 1.65m に 0.36m 低下している。変針は風下へ然も回頭反対舷より風を受けているので単位時間の変針量も割合平均していたのであらう平均して網高さも低下している。

以上が変針中の各部の網高さの変化状況である。即ち強制浮力を装着してある部分ヘツドロープ（袖、天井部）は変針中網高さは増加し、スクエヤー部より後方は逆に低下する事が判つた。

（e） 網高さと対水速力との関係

A網記録①の 2h—51.5m に機関回転数を増し 80R/min として約15分間後充分船速が増加し落ちついた時の曳船の対水速力を流木法で計測した処 3kt となつた。この時の網高さは記録で 1.81mであつた。次に 3h16.5m 機関回転数を4回転減じ 76R/min として約10分同様曳船の対水速力を計測した処 2.7kt となつていた。この時の網高さは1.9m となつている。又この曳網中は無風無波であつた。今海底の潮流速力及び流方向を曳網中一定とすれば網の対水速力の変化量は 0.3kt あつたと見て良い。この様に 3kt 前後の曳網速力の時対水速力0.3kt の差が前天井中央部に約0.1m の差を生じ、速力が減少すると網高さが増加している。今次実験時当室試作の自記式網速力計を使用しなかつたので今後是を使用して更に追及する考へである。又先にも述べた如く変針時の網の高さの変化の一部分及び逆風曳網と順風曳網との網高さの高低差も網の対水速力の減少による事を見ても先ず網の対水速力と網高さとの関係は或る限界速力範囲内では速力の増加により網高さは減少し、速力の減少で網高さは増加する。次に逆風曳網の例で明らかな様にこの時の曳船の対水速力は異常に増加し4kt程度が計測されているが、然し是は直ちに曳船の対地速力の増加を意味するものでなく逆に減少している。風波のある場合は海表面に於て表面流が相当量発生する事が推察される。従つて網の対水速力は飽く迄網附近の対水速力を計測しなければ曳船の対水速力では正確な判断は出来ない。特に風波のある場合はその不正確が顕著である。順風曳網の場合は逆に曳船の対水速力は甚しく少く計測されるが、むしろ対地速力は増加して居り網の対水速力も曳船の様に減少せず逆に増加している事の方が多いであらう。又強制浮力を装着してない部分例へばベーチング、コッドヘッド、コッド部等は対水速力が低下すると網高さも低下する事は前天井部と異る点である

（f） 硝子浮子（強制浮力）と網高さとの関係

（i） 前天井部

A網記録①と③とは第17図に示す様に前者が前天井部に1尺硝子浮子5個を、後者が同部に1尺硝子浮子8個を装着した時の前天井中央部の記録であり、網の構造は全く同じである。曳網状況は第38表に示す通り殆んど近似的であるので両者記録高さを比較検討して差支へないであらう。

記録①の場合の平均網高さは 1.90m で③の場合の平均網高さは 2.16m でその差は 0.26m である。前に述べた通り①と③の場合の網高さの差が出来た原因は曳網条件に於ては見当らない。従つて此の理由として考へられるのは前天井部に装着した1尺硝子浮子の数であらう。硝子浮子は増加すれば網高さは一応高くなると見て良いであらう。

（ii） スクエヤー後縁部

A網記録④と⑲とは同一構造の網漁具にそれぞれ第16図と第18図に示す様な強制浮力を装着したものでその曳網状況は第39表に示す様に略々近似的であつた。

第38表　強制浮力の相違した①③記録の曳網状況

	A網記録①	A網記録③
底質	泥	泥
水深	80〜85m	87〜82m
風力	2(ビ)	3(ビ)
風向	ESE	E
針路	NNE	N
ワープ長	240m	290m
手綱長	90m	90m
ワープ角	13.5度	13度
曳船対水速力	2.9kt	2.6kt
浮力	第17図ニ示ス	第17図ニ示ス
平均網高サ	1.90m	2.16m

第39表　強制浮力の相違した④⑲記録の曳網状況

	B網記録④	B網記録⑲
底質	泥	泥
水深	68m	75m
風力	3(ビ)	5(ビ)
風向	S	SW
針路	NNW	N(変針後)
ワープ長	250m	210m
手綱長	90m	90m
ワープ角	13度	14度
曳船対水速力	78R/m	84〜76R/m
浮力	第18図ニ示ス	第20図ニ示ス
平均網高サ	2.10m	1.95m

両記録の場合の O.B.間隔は④の場合が 52m、⑲の場合が 54m でワープ長 40m が異つているが水深が異つているので大差はない。従つて手網長が 90m であるので袖間隔は殆んど同一と見て良く、この袖間隔による網高さの影響は無視して良いであらう。両者の対水速力も海況その他機関回転数も殆んど同一で是等による影響も一応無視して良いであらう。残るものは装着した硝子浮子に依る強制浮力の差のためである。④の平均高さは 2.1m、⑲の平均高さは 1.9m でその差は 0.2m あつた。スクエヤー部で 0.2m の差は相当な差である。袖脇と前天井部、スクエヤー部に分けて浮力を計算すると第40表の様になる。

第 40 表　④と⑲記録の浮力

	B網記録④	B網記録⑲
袖脇と前天井部	84kg	45kg
スクエヤー部	23kg	—
計	107kg	45kg

第39表に示した袖脇と天井部又はスクエヤー部に装着した硝子浮子の浮力と流水抵抗とを図解し、浮力の働く方向を求めたの第63図である。硝子浮子にかぶせてある袋網を除いて裸の球の各流速に於ける抵抗は次式で求められる。

$$R = C_x \frac{1}{2} \rho V^2 S$$

第41表　6寸玉と8寸玉の各流速に於けるC_x

	C＼V	50cm /sec	100cm /see	130cm /sec	150cm /sec	170cm /sec
C_x	6 寸玉	0.44	0.42	0.39	0.28	0.23
	8 寸玉	0.43	0.38	0.18	0.13	0.11

第42表　6寸玉と8寸玉の断面積

項目＼浮力ノ大キサ	6 寸 玉	8 寸 玉
S	260cm²	467cm²

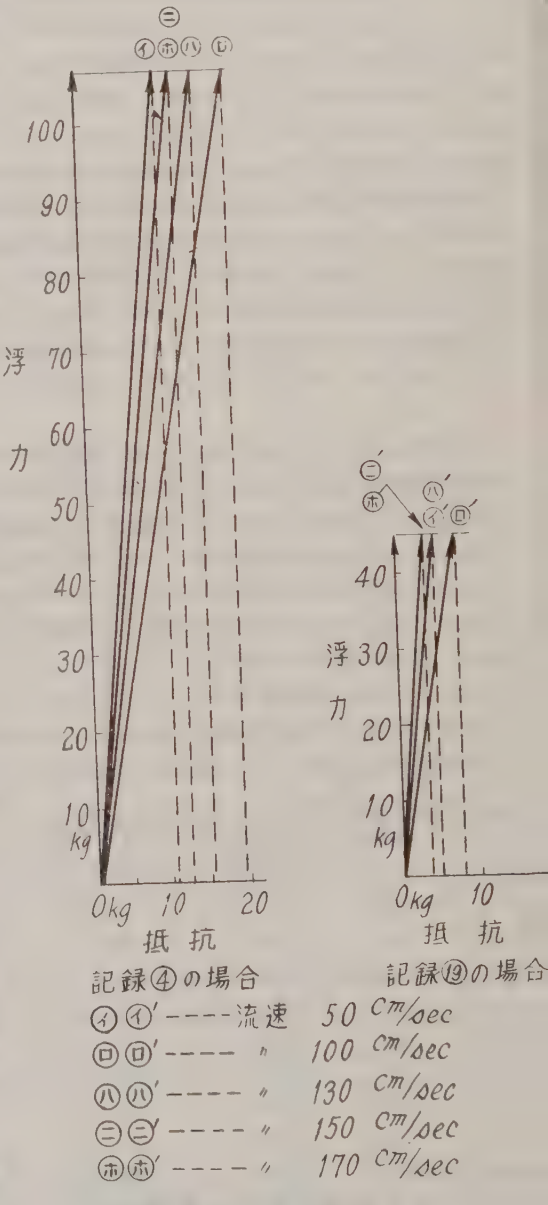
第41、42表の数値で計算した各流速に於ける抵抗値を第43表に示す。

第43表　6寸玉、8寸玉の各流速に於ける抵抗

	D＼V	50cm /sec	100cm /sec	130cm /sec	150cm /sec	170cm /sec
R	6 寸玉	kg 0.298	kg 0.579	kg 0.69	kg 0.575	kg 0.532
	8 寸玉	0.522	0.941	0.57	0.48	0.457

次に記録④と⑲との場合の袖脇、天井部とスクエヤー部の抵抗の合計を第44表に示す。

第63図に示したのは記録④、袖の前天井附近に働く浮力の方向を各流水速力（網の対水速力）別に画いたもので、縦軸は装着された浮力を横軸は浮力の流水抵抗を示シ、傾斜実線はその合成方向で



第63図　記録④、⑲の浮力の動く方向

第 44 表

	V	記録④			記録⑲	
		袖脇ト前天井	スクエヤー部	計	袖脇ト前天	計
R	50cm/sec	7.83kg	2.98kg	10.81kg	4.18kg	4.18kg
	100 〃	14.12	5.79	19.31	7.53	7.53
	130 〃	8.55	6.9	15.45	4.56	4.56
	150 〃	7.2	5.75	12.45	3.84	3.84
	170 〃	6.86	5.32	12.18	3.76	3.76

浮力の働く方向を示す。④と⑲では抵抗は確かに④の場合の方が多いが大した量ではなく浮力は⑲の約2倍強である。又浮力の働く方向であるが是は垂直に近い程有効である。各流速毎に浮力の働く方向を第63図より求めたのが第45表である。

トロール曳網中の網の対水速力を前後と見れば約 150cm/sec の欄になる。浮力の働く方向は④の場合82.5度で⑲の場合84度で僅かに⑲が有利であるが、浮力が遙かに④が強力であるため大きな網高さを求めるためには④の硝子浮子配置法が⑲より遙かに有利である事になる。実際その高さの差は0.2米あつた訳である。

第 45 表 浮力の働く方向

流速	記録④	記録⑲
50cm/sec	84度	83度
100 〃	79	80
130 〃	82	83
150 〃	82.5	84
170 〃	83	84

（g） 入網魚量と網高さとの関係

網の中に魚族が入ると抵抗関係は次の二種に別けられる。一つは網の孰れにも密着せずふくらんだ網（フラッパー以後）の中で網と游離して游いでいる場合と今一つは魚捕部後部に押しつけられて抵抗（流水抵抗と水中重量による重さ）を生じる場合とである。前者の場合の魚族は如何なるもので後者は如何なるものであるかは不明であるが、若し前者の様なものがあるとすれば当然游泳速力の速い魚族であらう事が考へられる。即ち鯛、鮸（ニベ）鱶等は前者で鰈等は後者に属すのではなからうか。前者の場合は何等網の抵抗増加にはならないので問題外であるが、後者の場合は当然網の抵抗増加になる訳で、漁研技報 3. 4 号に発表した魚量計も此の理論から出発したものである。この抵抗増加は網成りに如何なる影響を与へるかに就て検討して見ると次の様になる。曳網初期には魚は入網していないので此の種の抵抗増加はないが曳網後期には当然入網魚があつた場合は抵抗増加がある事になる。従つて各記録の曳網初期と曳網後期との網高さの変化を各計測部別に抜き書きしたのが第46表である。

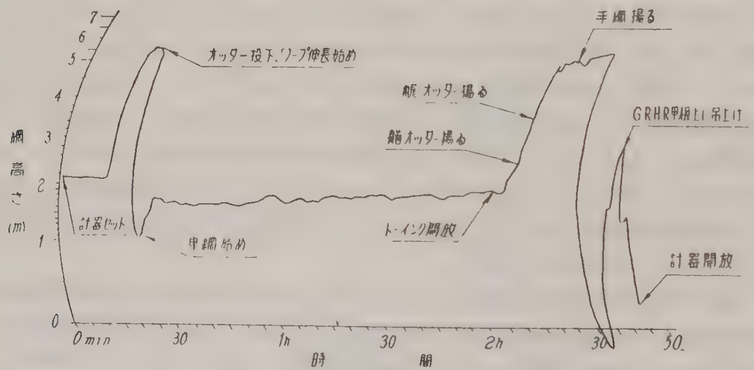
第46表に示した通り前天井中央部は末期の方が網高さは殆んど増加して居り、只B網記録⑫だけが例外であるが、是も曳網始めに逆風曳網から順風曳網方向に変針して居り、変針後暫らくは程度であつたが途中から稍々高くなつて又除々に下降して最後は再び初期程度の網高さとなつている。その中間に於ても割合上下運動がある処を見るとサラン網の性質が現はれているのではないかと考へられるため一応特例として扱つて良いであらう。次にスクエヤー部は殆んど曳網末期には網高さは低下している。コッドヘッド部は一例であるため結論的には云へない。袖脇部は正、負両者で孰れも僅かであるため殆んど高さは変らないと見て良いであらう。袖中央部、袖先より15尺内側の処は孰れも低下して居る。大体強制浮力を装着してある前天井中央部は曳網末期の方が初期より高く、身網部の方は曳網末期の方が低く、袖部も低くなつている。以上から考へて入網魚量の増加につれ抵抗が増し曳網速力が低下し網の対水速力が減少する。

従つて前にも述べた様に強制浮力が直接装着してある前天井部の高さは増大し、強制浮力が装着してない身網部は逆に網高さが低下する。又袖の方は魚捕部の抵抗増加のため後方から引つ張られるのと前方から手

第46表 曳網初期と末期との網高さ

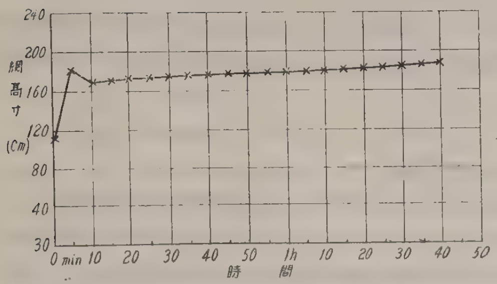
計測部	記録番号	曳網初期の網高さ	曳網末期の網高さ	その差	入網魚量
前天井中央部	A 網 ①	1.75m	1.92	+0.17m	
〃	〃 ②	1.85	2.10	+0.25	
〃	〃 ③	2.00	2.00	±0	
〃	B 網 ①	2.00	2.03	+0.03	13函
〃	〃 ②	1.70	1.90	+0.20	12〃
〃	〃 ③	2.50	2.80	+0.30	9〃
〃	〃 ⑫	1.93	1.40	−0.50	4〃
スエヤー後縁中央部	A 網 ④	1.73	1.68	−0.05	
〃	B 網 ④	2.05	2.05	±0	27〃
〃	〃 ⑰	1.75	1.45	−0.30	7〃
〃	〃 ⑥	2.70	2.25	−0.45	3〃
コツドハツド前縁中央部	A 網 ⑤	2.05	2.20	−0.15	
袖脇	〃 ⑥	1.55	1.60	+0.05	
〃	〃 ⑦	1.80	1.73	−0.07	
袖中央部	B 網 ⑨	1.45	1.37	−0.08	5〃
袖先より15尺内側	〃 ⑩	1.10	0.80	−0.30	13〃

網で引つ張られるのとで若干絞られた格構となつて網高さが幾分低下するのではなからうか。入網魚量が多い程以上の現象は強く現はれるのではないかと考へられる。支那東海に於ては入網魚量は割合少いので入網魚量と網高さの低下は必ずしも比例していない。第46表の入網魚量は魚の函数で入網して抵抗を増加した他の雑物（泥その他）は含まない。が北洋の鰈等は相当量の入網量がある。この場合の前天井部の記録を示したのが第64図である。

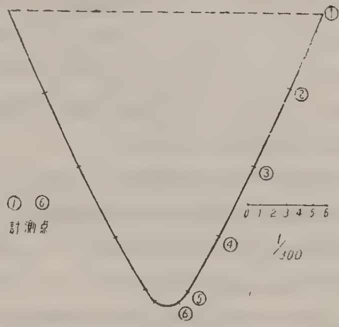


第64図 北洋鰈漁の場合の前天井部の記録例

この場合の入網魚量は 6,000kg であり、曳網実時間は90分間であつた。網高さは第64図に示す通りで、5分間毎の網高さをグラフに書いたのが第65図である。このグラフの線は単純な奇麗な上昇直線となつている。是は若し入網魚による網高さの変化とすれば概略入網魚量は単位時間に平均的であると見做す事が出来る。曳網中の機関回転数も全く変化させなかつたので網高さの変化はワープ角の狭まりによるものと、入網魚による種々の抵抗のための対地（水）速力の低下の二者と考へられる。ワープ角の狭まりも一部分とは考へられるが主たる原因は前記の網の対水速力の低下と思はれる。従つて網入魚量に比例して速力も低下しているのであらう。1分間の入網魚量を計算すると $\frac{6,000\text{kg}}{90\text{分間}}=66.7\text{kg/mim}$ となり、函数に換算して6貫



第 65 図　曳網開始時よりの網高さの変化曲線


①
②
③
④
⑤
⑥
① ⑥
計測点
0 1 2 3 4 5 6
1/300

第 66 図　G.R. の形状

函で3函の入網魚量となる。

（h）　Ground Rope の形状

本実験は漁研技報第5号に一部発表した様に日本水産戸畑支社所属のトロール船笘崎丸（G.T.270）で28年10月行つたものである。使用漁具は120尺トロール網である。その概略は次の通りである。猶は第52図に用いたG.R.曲線は128尺トロール網のものに修正したものである。

実験時の条件は次の通りであつた。

水深	95m
底質	泥
曳船対水速力	3.0kt
ワープ長	300m
手網長	100m
オッターボード	整調式

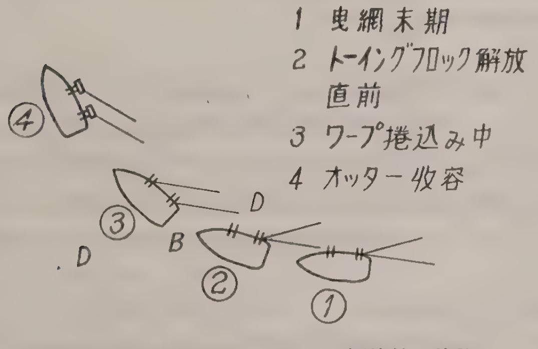
第66図より求めたの各要目は次の通りである。

第 47 表　曳網中の G.R. 各部の要目

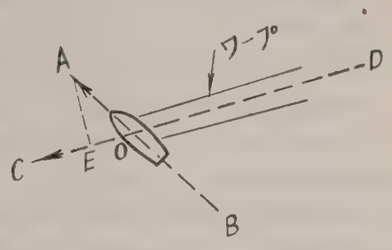
袖端間隔	袖間隔	前天井下の間隔	中央部G.R.の間隔	袖端より中央部G.R.迄の網の縦長
24.6m	13.5m	8.1m	3.3m	23m

（3）　トーイングブロック解放時より揚網終了時迄の網の動態

揚網法で述べた様に揚網時間が来ると曳網中の速力の侭で若干右舵を取つてワープを舷から離してからトーイングブロックを解放し直ちにワープを若干捲き込み、前進微速に船速を落して両ワープを捲き始める。曳網時の船速より当然ワープ捲きを始めると船速は落ちるが、その場合の船の進行方向とワープの伸長方向


1 曳網末期
2 トーイングブロック解放直前
3 ワープ捲込み中
4 オッター収容
④
③
②
①
D
B
D

第 67 図　トーイングブロック解放前の状態



AB……船首尾線船ノ前進方向
CD……ワープの捲き取り方向

第 68 図　船首方向とワープの方向との関係

とがずれる様になるので網の対水速力は当然曳網中より低下する。第68図に示す∠AOC が大なる程船の前進力は網の前進力に役立ない。網し、ワープ捲き込み速度の幾分かが網の進行（船側への引き寄せられる分）を助長するので、船速の低下による網の対水速力の低下と、ワープ捲き込みによる網の対水速力の増加との両者の兼ね合いの関係で、曳網中の網の対水速力と揚網過程に於けるワープ捲き取り中の網の対水速力との大小の相違が出て来る事になる。

（a） 記録器を水戸口に装着した場合

（i） 計測部が記録器の直上附近の場合（スクエヤー後縁中央部）

B網記録④に例をとつて見るとワープ長 250m に対してトーイングブロックを解放し揚索を始めてからO.B.が揚る迄に5分間を要している。この揚索平均速度は 0.83m/sec である。仮りに海表面と海底との潮流速力及びその方向を同一と見做せば是を除外する事が出来る。船は前進微速で然も第68図に示す様にワープの捲き取り方向と船の前進方向との関係により網の対水速力増加に大した寄与をしていない場合もある。従つて若し幾らかでも船の前進力が網の前進に役立つていれば網の対水速力は 0.83m/sec より大となり、役立つていないで船首方向維持にのみ働いているとすれば船と網とは相寄る形となつて網の対水速力は 0.83m/sec 以下と云う事になる。今ワープ揚索中船は網の方に引き寄せられないものと仮定すれば網速と船の前進力との関係は次式の様になる。第68図の∠AOC を α とし A よりに OC 下した垂線を AE とすれば $\overrightarrow{OE}$ は船が網を前進させるに役立つものとなる。

$\overrightarrow{OE}=v\cos\alpha$　　v……船の前進力（$\overrightarrow{AE}$）

α……船首方向とワープ延長線とのなす角 ∠AOC

従つてトーイングブロック解放後の網の対水速力は v と α に依り左右される。即ちvが大で αが小なる程網の対水速力は大となる。是等の要素の変化でワープ捲き取り中の網速が曳網時のそれより小さくなつたり、略々等しくなつたりするのであらう。B記録④の場合スクエヤー後縁中央部は若干の強制浮力を持つているため、例へ網速が低下し揚力が減少してもその分だけ硝子浮子の浮力が効き G.R.が海底についている間は網高さが低下せずに曳網時と同じ高さを記録してるのであらう。次に除々に高さが増大して、O.B.が揚つた時は3.5m となり、曳網中のそれより 1.5m 高くなつている。手綱が 90mであり水深が68mであるので若しこの時網が海底に未だ接しているとすれば手綱の水面との角度は50度となり、手綱と海底との角度も50度となる。是迄網が海底に接していられるかは疑問で、それ以前に海底を離れている事が考へられる。若し離れていればは自重で垂れ下り、スクエヤー部は前天井部及びスクエヤー部に装着した硝子浮子のため浮くためその影響を受け両者の垂直距離は大となり記録に示す様な状況と合致する。今記録④のトーイングブロック解放時より網高さが増大し始める迄の時間を求めると約3分間弱となつている。この点が網が袖端から海底を離れた点と見做すとワープ捲き取りの長さは0.83m/sec×180＝149.2m となりワープを約 150m 捲いた時即ちワープが未だ 100m 残つている時と云う事になる。勿論その間にO.B.があるので袖先が海底を離れる以前にオッターボードが離れる訳である。

（ii） 計測部が記録器より袖先側にある場合（前天井中央部）

A網記録②③、B網①がこの場合である。

A網記録②③はトーイングブロック解放と同時に網高さが急増しているが、B網記録①はその後若干曳網中の網高さを記録している。前者はトーイングブロック解放と同時に網の対水速力が急激に低下している事を示し、後者は曳網中より若干網の対水速力は低下しているかも知れぬがスクエヤー部に装着した6寸玉10個の浮力が効いている事を示すと思はれる。前者の場合は前述の様に角αが大で $\overrightarrow{OD}$ が小さくなつた場合に相当するのではないだらうか。結局トーイングブロッグ解放時の右舵の当て方如何でこの二者の様な相違が出来ると考へられる。

（iii） 計測部が記録器より魚捕部側にある場合（コッドヘッド部）

A網記録⑤がこの場合である。この場合トーイングブロックを解放して揚索を始めると網高さが一時急

増して後急降している。是はトーイングブロック解放直後は船の速力も落ちワープと船首尾線との角度（a）が曳網時より可成り大となつたゝめ謂所 $\overrightarrow{OE}$ が相当大で網の対水速力もワープ捲き取り分丈大となり網の対水速力が適度に減少し（模型実験が判る様に或る程度の速度では高くなる）たゝめ一寸網高さが高くなつたのとワープ解放による何等かの網成りの変化があれたゝめ一時的に網高さが増大したのではなからうか。次々急降はスクエヤー部には全く強制浮力が装着してないので網の対水速力が減り網を持ち揚げる力（揚力）が減少し、上網が下るためであらう。然も最低記録では殆んど高さ無しの零である。是は完全にコッドヘッド部の上網と下網とが然も海底に密着している事を意味する。再び高さが急増し始めたのが 3h15.5min 目で揚索始めが 3h14min で、O.B. が揚つたのが 3h17.5min であるから、ワープ長 180m を 3.5min で揚げている訳でその平均速度は 0.85m/sec である。3h16min 目に高さが急増しているのは網が海底を離れた事より外に考へられない。G.R. は自重で垂下していて網が傾生して揚つてもなほ記録器はツドヘッド部の方が垂直的に見て上位にある事になる。従つて 3h15.5min 目が一応網の離底時と見做す事が出来る。ワープのこの時迄の船内捲き取り長さは 0.85m/sec×90sec=77m で、海中に猶ほ 103m 残つている事になる。第48表に見られる様に(i)の場合と比較して見て可成り近似的である。

(b) 記録器を袖先より42尺内側の G.R. 上に装着した場合

(i) 計測部が記録器より袖先側にある場合（袖端）

B網記録⑨の前半に示す様にトーイングブロックを解放した場合一時僅かに高さが高くなつて後急降している。一時高くなつているのはワープ解放のためと網の対水速力が低下するためであろう。急降しているのは袖先が倒れる事が考へられる。詰り O.B. が対水速力の低下のため伏せるのではなからうか。若し対水速力の低下丈であれば当然袖先の高さは海底に G.R. が接している間浮子の浮力により増大せねばならない。又高さが最低 0.3m から再び急増しているのは O.B. より手綱を通じて記録器と袖先との垂直距離が増大した事を示す。この実験例で見るとワープ長 250m を揚げるのに5分間を要しているのでその捲き揚げ速度は 0.83m/sec となる。トーイングブロック解放揚索始めの時間が 0h54.5m で記録が最低点より増大し始める時が丁度 0h57.5m であるからその間3分間で袖先が軸底を離れている事になる。従つてワープの是迄の捲き込み量は 0.83×180=149.4m である。ワープ全長が 200m であるから海中には未だ 100m 残っている事になる。第48表に示す様に他の例と殆んど近似的である。以上から見て水深70m 前後の場合海中にワープが約 100m 程度残つている時に網が海底を離れる事が判る。O.B. はそれ以前に海底を離れている筈である。

第 48 表

	B網記録④の場合	A網記録⑤の場合	B 網 記 録 ⑨
水深	68m	72m	66m
ワープ長	250m	180m	250m
手網長	90m	90m	90m
計測部	前天井中央部	コッドヘッド前縁中央部	袖端
網が海底を離れる時の残りのワープの長さ	100m	103m	100m
ワープの水面との角度	43°	45°	42°

(ii) 計測部が記録器より魚捕側にある場合（スクエヤー後縁中央部）

B網記録⑤⑥⑲がこの場合である。

B網記録⑤⑥の場合はトーイングブロックと解放し揚索を始めて O.B. が揚る迄網高さは曳網中のそれと大した変化がない。一方記録⑲の方はトーイングブロック解放直後一時網高さが増して直ちに急降して

いる。この一時的の増大はトーイングブロック解放後すぐ揚網を開始しなかつた事と船の速力が曳網中より落ち然もワープを引つ張る方向より船首方位がずれているので網の対水速力が曳網中より低下していた(前天井部の浮力がスクエヤー部に効く程度の速力の低下)事に依ると考へられる。技報5号に発表した様に速度が低下すると前天井部の高さは増すので適度な低速内ではスクエヤー部も高さが増大し、限度を越へた低速になると高さは低下する。次に高さが⑲で急降しているのはスクエヤー部に全く強制浮力を持たないので、流水抵抗による網地の揚力が減少するためで、⑤⑥の場合は6寸玉10個を装着しているのでワープ捲回中の網の対水速力による揚力の減少と浮子による浮力とが適当に相殺されたからであらう。G.R.が海底を離れると先きに述べた様に投網時と逆に袖端を上にして魚捕部を下にした傾斜の姿勢で揚がるから記録器が表記の処にあるため、計測部の方が記録器より魚捕側にあるから両者の垂直距離も投網時の逆となり大した高さにならない事になる。即ち⑤⑥の場合は網の傾斜のため垂直距離は網の接地時より減ずる分丈浮子の浮力で補う形となつて、その上若干強制浮力の影響であらうか高さも除々に増大している。⑲の方は G.R.が海底を離れると益々両者の垂直距離は減じている事が記録で明らかである。手綱を捲き終つて始めて両者の垂直距離が増大している。.

是は殆んど水面迄網は袖先を上にした傾斜の姿勢で揚つて来る事を意味するものと考へられる。O.B.が揚つた時垂直距離が上下しているのは O.B.の離脱作業中揚索速度が零となるので網の姿勢が変るためであらう。

むすび

前回の自記式網高さ計及び自記式 G.R. 展開計の二艘曳機船底曳網に於ける海上実験に依つて判明した欠点を改修して今回トロール網に就て実験をしたのであるが大体満足な結果を得た。然し依然として連絡管の折損の事故があつたので現在耐久力のある連絡管の然も精度を益々向上させるものを研究して居るが、大体この実験後目安がついたので最終的な実用性あるものに改良しつつあるのでこの結果に就ては次号に報告する予定である。又底曳用計器として他に一、二の計測器を試作したので併せて実験を行い完全なる底曳網解析用計器を世に出す考へである。猶ほ小型底曳に於ても使用される計器の小型化も併せ進めている。今次実験に際して御協力頂いた日本水産株式会社戸畑支社吉村次長、武田、吉田課長、吉富主任、大洋漁業株式会社下関支社川上部長、鈴木課長並びに日本水産所属明石丸、大洋漁業所属第23大洋丸の乗組各位に衷心より感謝する。又一部計測に当られた大洋漁業株式会社研究所次長野村鉄太郎氏に御礼を申し上げる。

（葉　室）

海水中におけるミリメーター波超音波の伝播特性並に魚群探知実験

橋本富寿、西村実、間庭愛信

概要

魚群探知機の送受波器を小型軽量にして船体への装備を簡易化し、或は水平ソーナー及測深機用として鋭い指向性の送受波器を容易に得るためには 200kc 即ち波長が 7mm 程度の超音波を使用出来れば便利である。しかしながら、従来からこの種の周波数の超音波では、海水中に存在する気泡等のため著しい減衰をうけるものと考えられていた。

筆者等は、チタン酸バリウム磁器により、100 及 200kc 用ランジュバン型の送受波器及超音波送受信用の送受信器を試作し、海水中における 100kc 及び 200kc 超音波の垂直及水平伝播持性を測定し、更に 200kc を用いて初めて鉛直方向の魚群探知試験を行つた。

その結果の概要を列記すれば次の如くなる。

(1) 海面に垂直方向の mm波超音波の伝播による減衰は本実験の範囲内では球面拡散にもとづく減衰が主なものである。

(2) 海面に水平方向の mm 波超音波の伝播による減衰は本実験の示す所では従来考えられていた様な大きなものでないことが判つた。即ち減衰定数は 28kc で 20db/kmのものが 200kc では 37～50db/km であつた。

(3) アジ、イワシ等の魚体よりの超音波反射損失は 200kc では 28kc のそれより約 12db 良好である。従つて魚群探知レンヂ 250mm 以内の水平ソーナーに 200kc 超音波を使用すれば反射率の面から超音波の伝播損失が補われるので有利であり、この事は 200kc 等の超音波を魚群探知に導入しうることを示している。

(4) 200kc 超音波による初めての魚群探知実験では底魚等の分解能が 10乃至50kc の魚群探知機より明瞭であると思われる。

Propagation Characteristics of High Frequency Ultrasonics in Sea Water

Abstract

It has long been believed that high frequency ultrasonics of 100 to 200 kc attenuates considerably great in the sea water by existance of little air bubbles.

It is, however, favourable for us to use the ultrasonics of high frequency of 100 to 200 kc for the purpose, (1) to make the transducer compact for its easy installation into the ship body, and (2) to obtain easily the transducer of sharp directivity as it is needed for SONAR or Precise Echo-sounder.

In this paper, measurement of the propagation attenuation of ultrasonics for a direction vertical or horizontal to the sea surface is discribed.

The experiment was made by using the Barium Titanate transducer of 100 and 200 kc and the electric power was fed from a valve oscillator which transmits impulsive waves.

At the measurement of vertical direction, a 24 kc echo-sounder was used at the same time.

Of horizontal direction, 28 kc ultrasonics was used at the same time, and the characteristics of these three types of ultrasonics were compared in the same condition,

In addition, the oceanographic conditions for the pass of ultrasonics, for example, the shape or quality of the sea bottom, existance of fish school, distribution of plankton, and water temperature etc. were surveyed in details.

The results are as follows;

1) The ultrasonics of 100 and 200 kc attenuate in vertical direction with spherical diffusion up to depth of 200 m from the sea surface, so far as the experiment could ascertained this time.

2) The measured value for the propagation in horizontal direction obtained by this experiment, near the Port of Uraga at Tokyo Bay on May, show that the attenuation of 100 and 200 kc ultrasonics is caused not only by the attenuation of spherical diffusion but also by the attenuation which seems to be arised from the air bubbles or plankton etc.

The attenuation constant (in db/Km) in the latter cause increases almost proportionaly to the logarithmic value of the frequency, and the measured values are as follows;

Frequency (kc)	Attenuation constant (db/km)
200	37—50
100	30
28	20
(14.5	2—8 At Numazu Bay 1941)

3) The value of reflection loss on fish body obtained by 200 kc ultrasonic was less by 12 db than that obtained by 28 kc ultrasonics.

4) In selectivity between sea bottom and bottom fish, the record obtained by 200 kc ultrasonics was better than that obtained by 24 kc ultrasonics so far as this experiment concerned.

項目

まえがき
1. 垂直伝播特性の測定
  (1) 実験装置及方法
  (2) 実験結果
    (a) 減衰特性
    (b) 魚体の反射損失
    (c) 魚群探知実験
2. 水平伝播特性の測定
  (1) 実験装置
  (2) 実験方法
  (3) 実験結果
    (a) 測定海面 No. 1 における伝播特性
    (b) 測定海面 No. 2 における伝播特性
  (4) 考察
むすび

まえがき

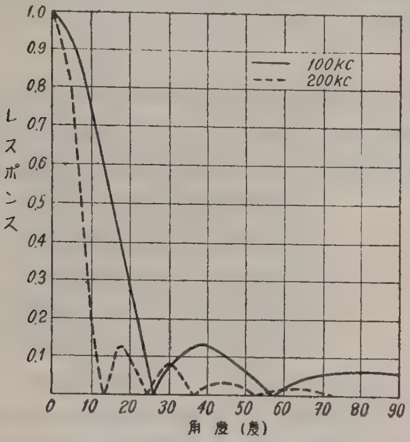
今日普及している魚群探知機或は音響測深機には 10乃至50kc 程度の比較的低い周波数の超音波が用いれているが、水平ソーナー又は測量用測深機では送受波器の指向性を鋭くする必要上、高い周波数のもの色々な点で都合が良い。しかし 100kc乃至200kc では波長が 1.5 ~ 0.7cm になり、海水中に含まれている泡等によりいちじるしい減衰が生ずるものと従来信ぜられていた。筆者等はこれ等ミリメーター波超音波海水中における伝播特性を明かにするため、100kc及200kc のチタン酸バリウム磁器によるランジュバン振動子を試作して、海面に垂直方向並に水平方向の伝播特性を実海面で測定し更に200kc 魚群探知機によ初めての海底及魚群の探知試験を行つたのでその概要を報告する。

1. 垂直伝播特性の測定

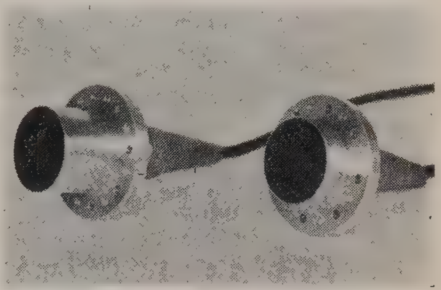
(1) 実験装置及方法

100kc及200kc の超音波送受波器はチタン酸バリウム磁器を用いたランジュバン型振動子を使用したも

で、その音波輻射面積は直径 40mm であるから約 12cm² で、その理論指向性特性及外型をそれぞれ第1図及第2図に示した。実験に使用した測定用測深機は次の如きものである。



第 1 図 指向性特性

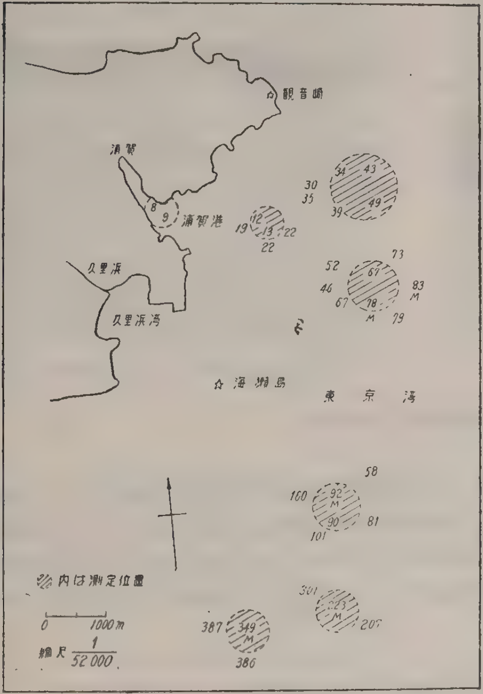


第2図 100及200kc チタン酸バリウム振動子

(i) 記録機 F50型測深機用記録機 ◦ 測深レンジ 0～100m及100mシフト

(ii) 送受信機 試作2周波送受信機

(iii) 発振方式 真空管発振方式


観音崎
浦賀
浦賀港
久里浜
久里浜湾
海獺島
東京湾
8
9
34
43
30
35
49
39
12
19
13
22
22
73
52
67
83
M
46
67
78
M
79
58
100
92
M
90
81
101
301
223
M
207
387
349
M
386
内は測定位置
0
1000m
縮尺 1/52000

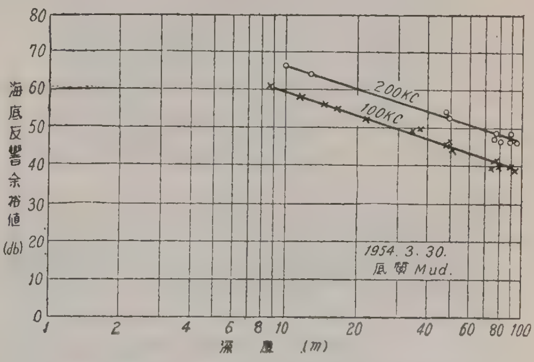
第 3 図 垂直伝播測定海面

実験船に上記の各機を舷側装備し、種々の深度における海底よりの反響音圧を測定し、横軸に深度、縦軸にマージンを示す関係曲線より伝播特性を求めた。実験は東京灣浦賀港外の海底質泥で平坦な海面（第3図）に於て行つた。測定に際しては採泥を同時に行つた。

(2) 実験結果

(a) 減衰特性

測定海面の各深度における海底反響余裕値をマー



第 4 図 100 kc 及 200 kc の垂直伝播特性

ジンテスト[1]によつて求めた結果は第4図の如くである。第4図より明かな如く、100kc 及 200kc 何れの波数についても、測定値は理論球面拡散曲線上に求められるから、200m 以内の深度であれば、球面拡散による減衰が主であると見なしうる。図中 100kc の減衰曲線が 200kc のそれより低いレベルにあるのは受器の利得と指向性利得等が異るためであると考えて差支えない。

(b) 魚体の反射損失[2]

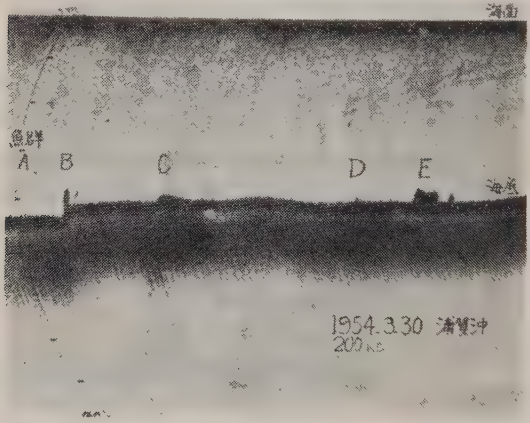
アジ及イワシの単体について置換法により 100kc 及 200kc 超音波の反射損失を測定した結果は第1表如くで、同時に行つた 28kc についての反射損失測定値に比べれば、200kc においては各魚種につき平均 1 db 反射損失が少なくなつている。即ち 200kc では魚群よりの音波の反射が良好であることを示している。

第 1 表

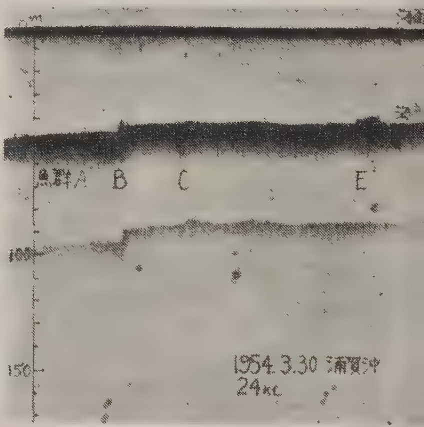
魚種	反射損失 (db)			28kc と 200kc との反射損失の差 (db)
	28 kc	100 kc	200 kc	
小アジ	47	43	36	11
大アジ	39	35	31	8
マイワシ	51	47	37	14

(c) 魚群探知実験

市販の魚群探知機を改造して前述の 20kc 送受信器及送受波器を結合し、初めの魚群探知実験を行つた。その1例を示と第5図の如くである。第6図はこれと同時に記録した 24kc 魚群探知機による同一海底、同一魚群の記録である。図中記入したA、B、C、D、は夫々相対応する記録で魚群と考えられる。200kc の魚群探知機の方はまだ研究する余地はあるが、底魚に対しては極めて明瞭な記録を示している。



第 5 図 200kc による魚群探知記録



第 6 図 24kc による魚群探知記録

2. 水平伝播特性の測定

(1) 実験装置

海面に垂直方向の超音波の伝播特性測定の際に使用した測深機の内超音波送信器及送波器を送信船に、波器、増巾器及記録機を受信船に装備し、受信船より送信船における超音波の発射を無線により制禦した。測定に使用した送受波器は前節で示した 100kc、200kc のチタン酸バリウム振動子で、この他に 28kc 用として輻射面積 11.2×5.6cm² のニッケル磁歪振動子を使用し、何れの振動子も水面下 2m に沈めるべくに装備した。

---

1) Report of Fishing Boat Laboratory No. 1 P. 1 1953

2) 研究の詳細については稿を更めて発表する予定である。

3) Report of Fishing Boat Laboratory No. 1

(2) 実験方法

受信船（第7図）をブイに繫留し、この船より20、100、300、500m 離れた所に予め浮標を設置し、送信船（第8図）を順次浮標に繫留して固定し、その都度各周波数についてその受信音圧をマージンテストて測定する。一点における測定は約5分で各周波数について行い、直に次の測点に移動して測定を行つたので、測定海面の海洋学的条件は各周波数について略々同一であつたとみなして差支えなかろう。

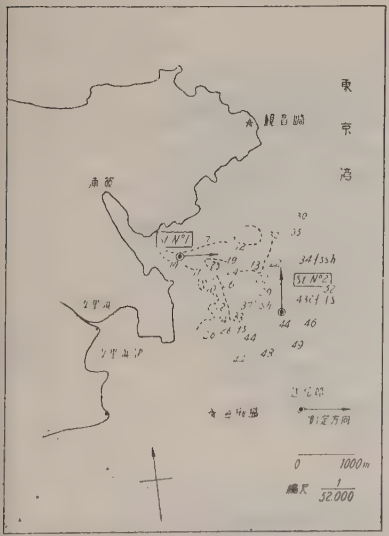
第 7 図　受信船

第 8 図　送信船

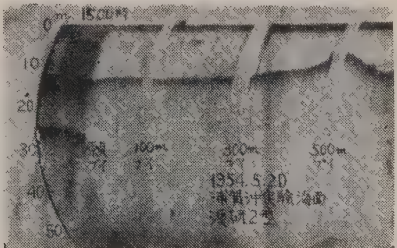
この様にして送信船、受信船間の距離を順次変えてゆけば 28、100、200kc の各周波数について水平伝播距離と減衰量との関係曲線を同時に求めることが出来る。

これらの測定を行つた時の海面の海洋学的諸条件を調査するため別に海洋観測船を測定海面上に移動させて、温度傾度、海水比重、プランクトン量及び海水の物理的性質を調査した。更に音波の伝播経路に魚群が現れると超音波の伝播には可成りの影響があると考えられたので、魚群探知船を用いて測定海面下の魚群の存否の確認を行つた。第11図は同海面のブイより100m 離れた地点にたまたま出現した片口イワシ群を示し水平伝播特性の測定に際しては魚群に注意する必要がある事を示している。

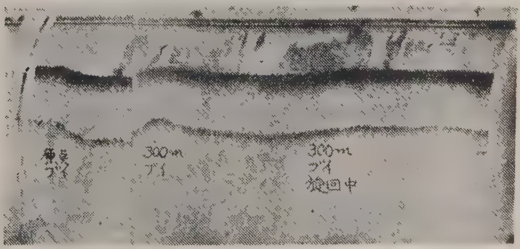
実験は1954年5月20日、21日の両日第9図に示した浦賀港外の水深 14m の測定海面 No. 1 と、水深約 40m の測定海面 No. 2の 2ヶ所で行つた。測定海面 No. 1の測深記録は第10図に示し、第12図は測定海面 No. 2の測深記録で、水深 43m のほゞ平坦な海底である。



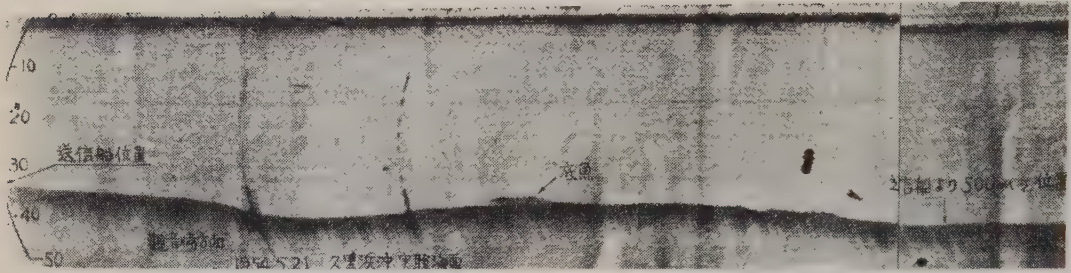
第 9 図　水平伝播測定海面



第 10 図　測定海面No. 1



第 11 図　測定海面に現れた魚群



第12図 測定海面 No.2

(3) 実験結果

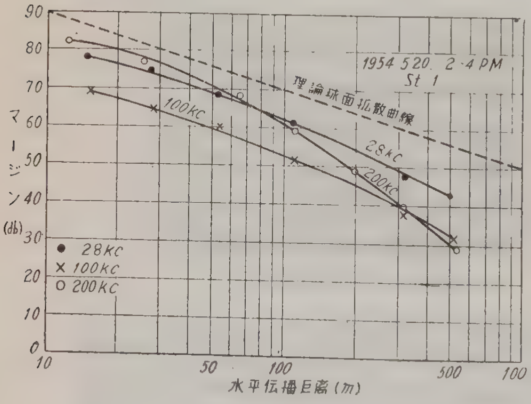
(a) 測定海面No.1における伝播特性

測定海面No.1（水深10～13m）における超音波の水平伝播距離とマージンとの関係曲線を求めると第13図A、B、C、の如くである。A、B、C、のそれぞれについて、理論球面拡散曲線と各周波数の減衰曲線より各周波数に対する吸収減衰量を求めれば第14図A、B、Cの如くなり、これより1km当りの吸収減衰即ち減衰定数[1] α を求めうる。測定海面の垂直温度分布は第15図及第16図の如くで、いずれの場合でも温度傾度は比較的少なく 0.1°C/m程度である。

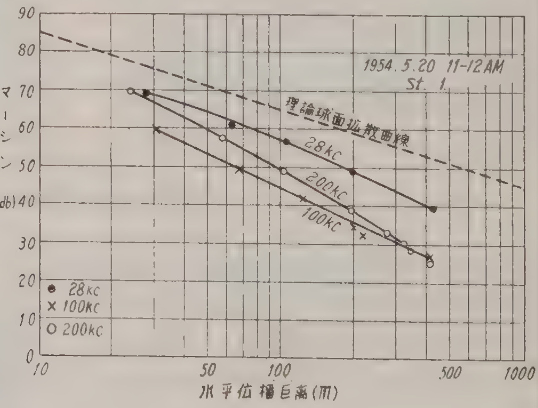
(b) 測定海面 No.2 における伝播特性

測定海面No.2（水深約43m）における超音波の水平伝播距離とマージンとの関係曲線を求めると第17図A、B、Cの如くで、第18図A、B、C はそれぞれに対する伝播距離と吸収減衰との関係を示す。第19図は実験海面の垂直温度分布で温度傾度は約 0.1°C/m であつた。この測定海面の潮流の速さは1～2kt であつたため受信船の固定が簡単でなかつたので、送信船を碇置し、受信船を潮流にのせて移動した。まず一つの周波数について各距離に於て測定を行い、次に再び送信船の所にもどり周波数を変えて測定する様にした。

第20図は周波数 28kc の測定時の記録で受信船が送信船から遠ざかるのを示し、図の右端は受信船が送信船に近づいて行く時の記録である。記録が途切れている部分はマージンテストで消去した部分である。第21図及第22図はそれぞれ 100kc、200kc についての同様な意味を有する記録である。



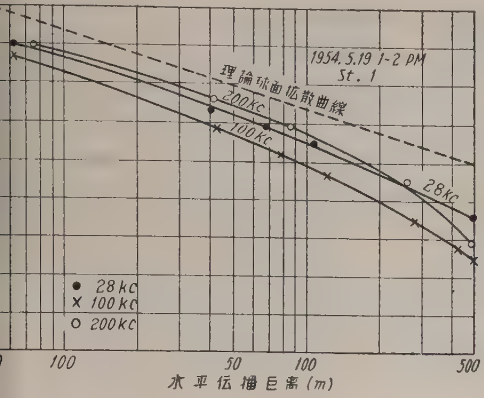
第 13 図 水平方向減衰特性 (St. 1) A



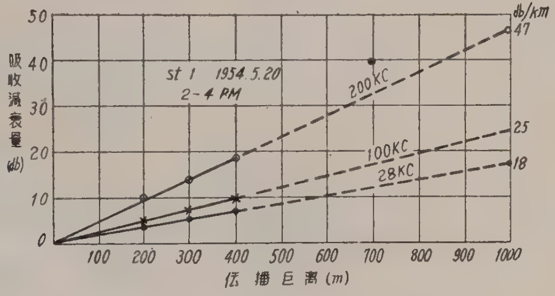
第 13 図 B

---

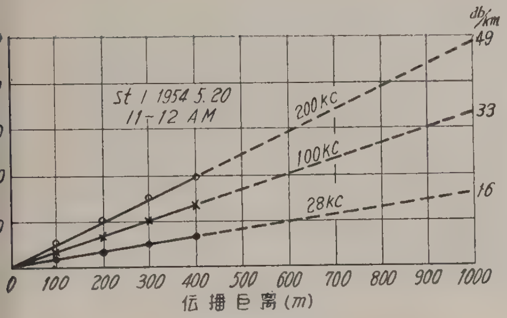
[1] 本文における減衰定数は、海水中の音波の球面拡散にもとづく減衰以外の減衰を示しており、気泡、プランクトン等による減衰の綜合されたものとした。



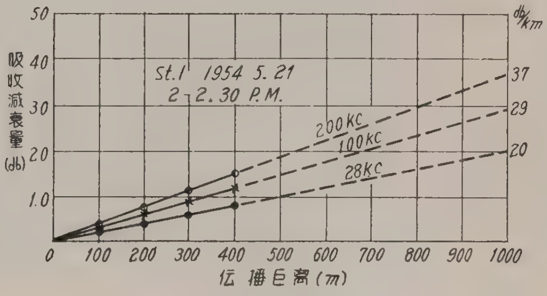
第 13 図 C



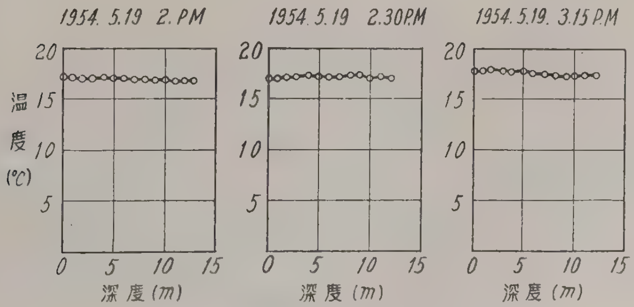
第 14 図 吸収減衰と伝播距離との関係 (St. 1) A



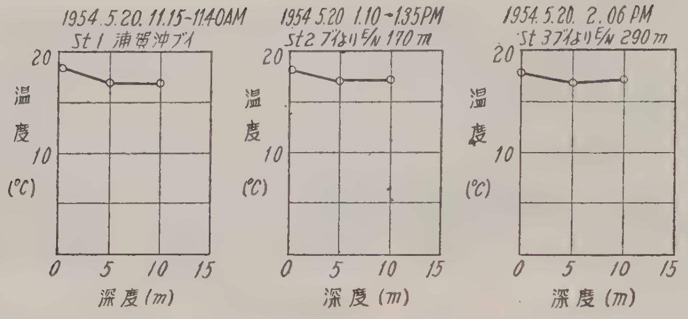
第 14 図 B



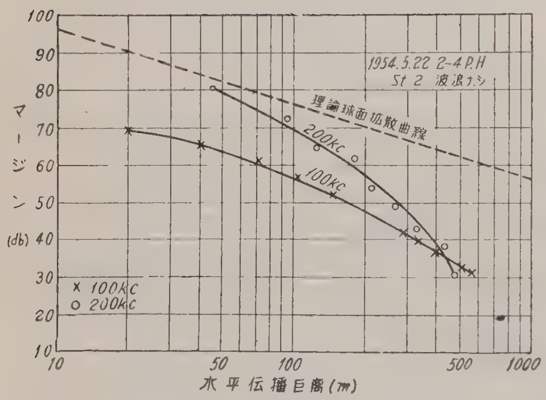
第 14 図 C



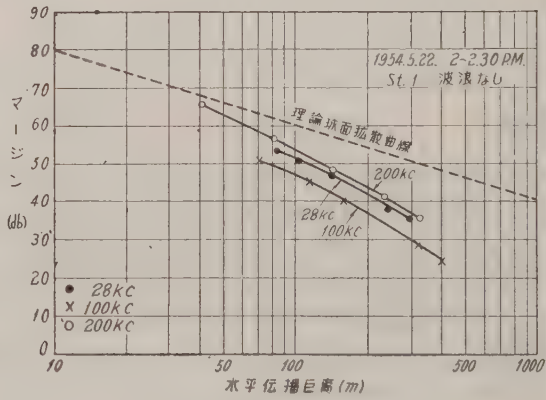
第 15 図 水温分布 (5月19日 St. 1)



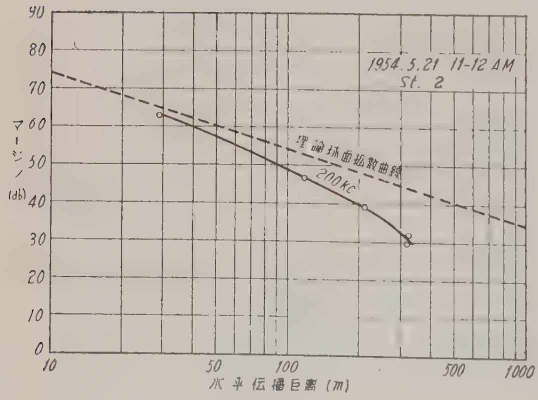
第 16 図　水温分布（5月20日　St.1）



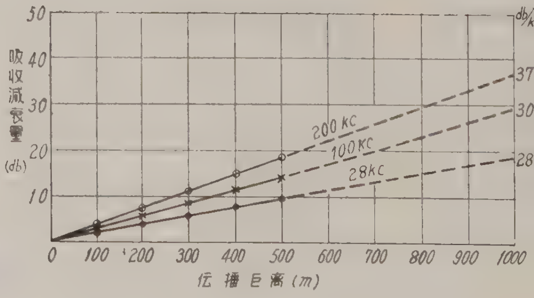
第 17 図　水平方向減衰特性　A



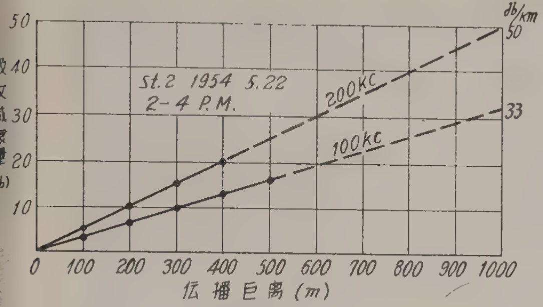
第 17 図　B



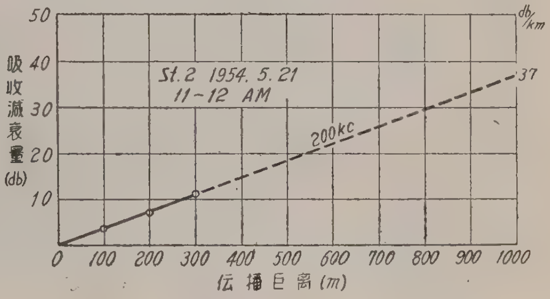
第 17 図　C



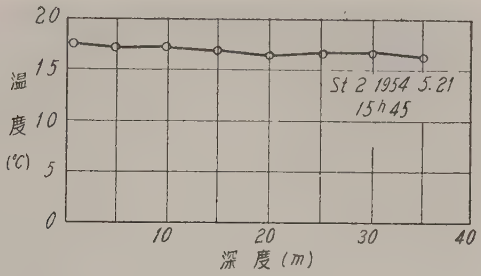
第 18 図　吸収減衰と伝播距離との関係　A



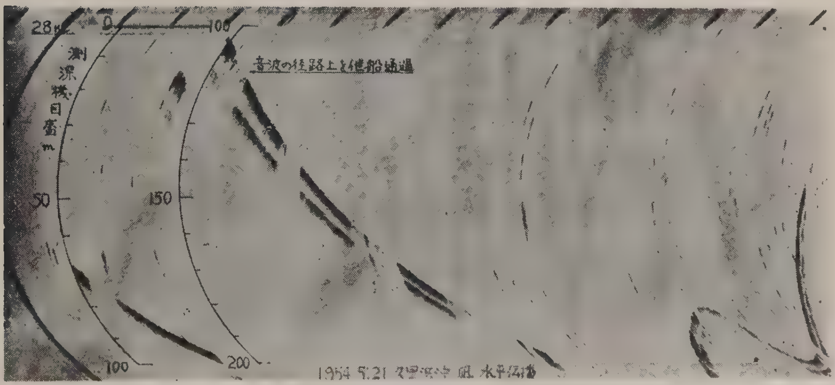
第 18 図 B



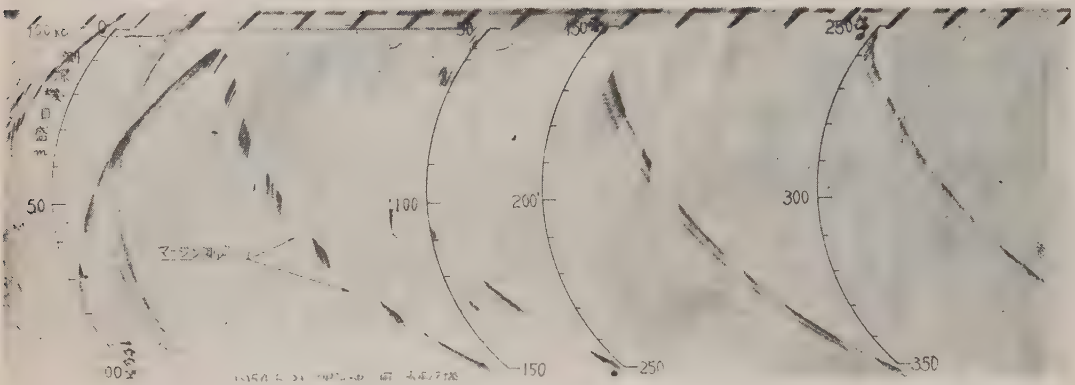
第 18 図 C



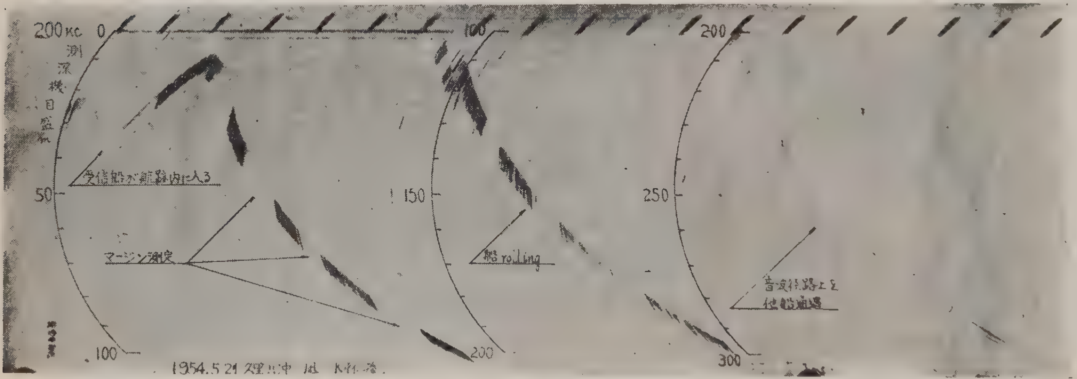
第 19 図 水温分布（St. 2 電気水温計による）


28kc
0
100
測深機目盛 m
50
150
100
200
音波の経路上を僚船通過
1954 5.21
水平伝播

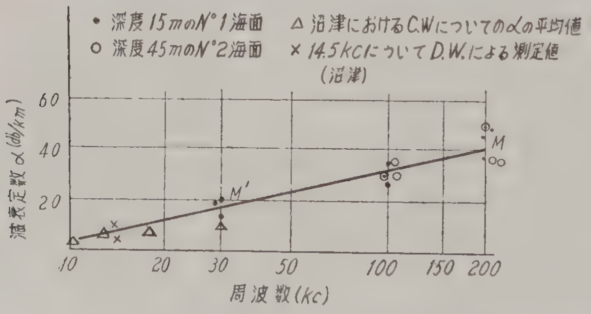
第 20 図 測定記録（28kc 伝播距離は測深目盛の 2 倍によむ。以下同じ）



第 21 図 測定記録（100kc）



第 22 図 測定記録（200kc）



第 23 図 減衰定数 α と周波数との関係

(4) 考　察

各周波数の超音波の海水中における伝播による減衰定数を求めれは第23図の如くになる。即ち本図は第14図及第18図から減衰定数α（db/km）を各周波数について求めたものである。測定海面No. 1における測定値（●で示す）と測定海面No. 2における測定値（○で示す）との間には測定海面の相違のために生じたと考えられる相違が現れていないので、一応これらの平均値を示すと曲線MM′の如くなる。こゝに1941年に、筆者の一人が行つた14.5kc、18kc及30kcについての測定値を×及△印でプロットすれば、これらの点はMM′の延長線上にある。本実験を行つた海面における減衰定数と周波数との関係は第23図より判る様に、減衰定数は周波数の対数に比例しているが、更に実験を重ねて検討する必要がある。

水深43mの測定海面No. 1における測定値はすべて直接波のマージンから求めてあり、海水の温度分布はすべて陽温性分布であつたから、この減衰定数αはwave frontの下方屈曲に基づく減衰が含まれている懸念はあつても、その測定値が小さすぎているとは思われない。水深15mの測定海面No. 1では直接波と海底1回反射波の経路差が小さくて区別出来なかつたので、この場合の測定値の中には両者の混合或は干渉した結果が含まれているかも知れない。

む　す　び

（1）　海面に垂直方向のmm超音波の伝播による減衰は本実験の範囲内では球面拡散にもとづく減衰が主なものである。

（2）　海面に水平方向のmm超音波の伝播減衰は垂直伝播の場合に比べて可成大きく、減衰定数αはこの実験の範囲内ではほゞ周波数の対数に比例して増加する。各周波数の減衰定数は次の通りである。

周波数（kc）	減衰定数α（db/km）	測定日時及海面
200	37～50	1954年5月浦賀沖
100	30	〃
28	20	〃
(14.5	2～8	1941年5月沼津灣)

（3）　魚群よりの超音波反射損失は200kcでは28kcのそれより約12db良好である。従つて魚群探知レンヂ250m以内の水平ソーナーでは、反射損失の面から超音波の伝播損失が補われるので、200kcの方が有利で、この事は200kc等の超音波を魚群探知に導入しうることを示している。

（4）　200kc超音波による初めての魚群探知実験では底魚等の分解能が10乃至50kcの魚群探知機より明瞭であると思われる。

（1954年10月8日）

音響測深により求めた海底地形と海底実形との対比について

橋　本　富　寿、　西　村　実

概　要

漁場調査或は魚礁・築磯の生態調査に使用する測量用簡易音響測深機では、送受波器の指向性を鋭くして海底実形を忠実に記録させ、而も小型軽量なものが要求される。本研究こ於ては 200～400kc で3°程度の鋭い指向角を有する送受波器を使用し、発電所人工湖に於て湛水前の三角測量と湛水後の音響測量とを対比し、指向性及周波数を変えた場合の、音響測量における湖底地形の忠実性について究明した。実験の結果は概ね次の通りである。

（1）送受波器の指向性を鋭くするために、200～400kc 程度の周波数の超音波を使用すれば、送受波器等を小型軽量化出来る。

（2）送受波器の半減指向角が3° 程度の測深機で測量すれば、水深20m以浅の海面では測深機の測深記録より海底実形に忠実な海底地形を求めることが出来る。

Reliability of Record for the Shape of Sea Bottom Obtained by Ultrasonic Echo-sounder

Abstract

For precise echo-sounding or for research of the boundary conditions of fishing shoal by the ultrasonic echo-sounder, it is necessary to obtain the true shape of the sea bottom from the record of the echo-sounder.

We noted already that when we use an echo-sounder which transmits only ultrasonic waves with broad beam, it is very difficult to obtain a true shape of the sloped and undulate bottoms by the cause of the sounding error. However, if we use ultrasonics of 15 to 3 cm in wave length which are now popularily applied, both the transducer and other apparatuses become big and heavy, and they are not suitable to be mounted on a small craft for survey of shallow sea waters, lakes or swamps.

It is necessary, consequently, to use a high frequency ultrasonics, and we can obtain easily transducer with sharp directivity which can be used in small crafts.

In this work, we used ultrasonics of 200 to 400 kc transmitted from a Barium-Titanate transducer. The experiment was aimed at a cross section of the under-water-valley in an artificial lake of a power plant, to compare the shape of the section surveyed by the triangulation before the lake was filled with water, with that obtained by the echo-sounding method after the water was filled.

The echo-sounding apparatuses used in this experiment are, 1) echo-sounder experimentally manufactured (100/200 kc, 300/400 kc, sounding range 0—50 m), 2) precise echo-sounder (88 kc, sounding range 0—20 m). The characteristics of the transducers are as follows;

Frequency (kc)	Material	Dimension (mm)	Beam angle of Half Power (°)	Notice
88	Nickel	112×56	5.0/10.0	For precise echo-sounder

1）本研究の一部は、本研究室が音響利用水産研究委員会に協力した際に得られた資料で、1954年9月東京電力株式会社の協力を得て同社発電所調整池で行われた。

100	Barium Titanate	40	16.0	For echo-sounder experimentally manufactured
200 (A)	〃	40	7.5	〃
200 (B)	〃	90	3.3	〃
300	〃	40	5.0	〃
400	〃	40	3.8	〃

The surveyed data are shown in Fig. 9 and 10 of page 110～111 and the conclusion is as follow:

1) To make sharp beam angle of ultrasonic waves, it is favourable to apply ultrasonics of 200 to 400 kc, consequently the transducer becomes compact and the echo-sounding is easy at a shallow sea waters, lakes or swamps, even by a small craft, as the mounting of the sounding apparatuses can be simplified.

2) It is possible not only to obtain true shape of the sea bottom, but also to detect even the fish school swimming quite near the fishing shoal by an echo-sounder if we use an apparatus with sharp directivity such as 3.3° in the half power beam angle, because the imaginary echo-trace which recorded by the broad one, are not recorded at sloped or steep bottoms.

3) The reliability of sounding was not influenced by the frequency of ultrasonic in this experiment, but it may be necessary to give some considerations to the roughness of the bottom shape or the grainitude of the materials when more precise study is needed.

まえがき

音響測深機によつて魚礁、築磯等の生態調査を行う場合、測深機の記録像より海底等の実形を求める必要がある。しかしながら今日漁業に普及されている測深機（魚群探知機）では、傾斜を有する複雑な地形に於て指向性に基づく誤差を生じ、記録像より海底等の実形を求めることが困難であることは既に発表した通り2)である。音響測深によつて求めうる海底地形図を海底の実形に近いものにするためには、送受波器の指向角を鋭くしなければならないが、15乃至3cmの波長を有する超音波を使用するのではその実現は困難であり、たとえ鋭くなし得たとしても、浅海或は湖沼で測量するに当つて、重量・容積その他実用上の制約をうけるので、実用に適していないと思われる。

本文では、尖鋭な指向角で超音波を発受させるために、200～400kcの超音波を使用して、発電所調整池（人工湖）に於て、湛水前の三角測量と、湛水後の音響測量とを対比し、音響測深における湖底地形の忠実性について究明したので、その概略を報告する。

1. 実験經過

(1) 実験装置

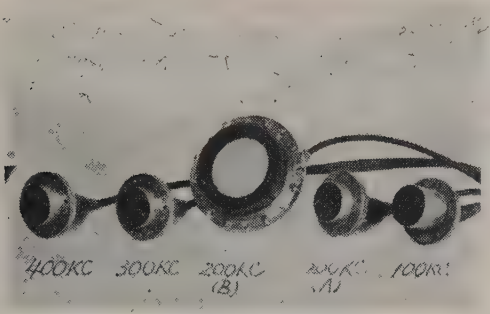
実験に使用した超音波送受波器は100乃至400kc用のチタン酸バリウム磁器振動子をそれぞれ用い、これらの特性は第1表に示した。第1図は各振動子の外型を示すものである。使用せる測深機は次の2種で第2図には (1) の試作測深機の外観を示した。

(1) 試作測深機
- (A) 記録方式　円弧湿式
- (B) 測深レンヂ　0～50m
- (C) 周波数　100/200kc　300/400kc
- (D) 発振方式　真空管発振

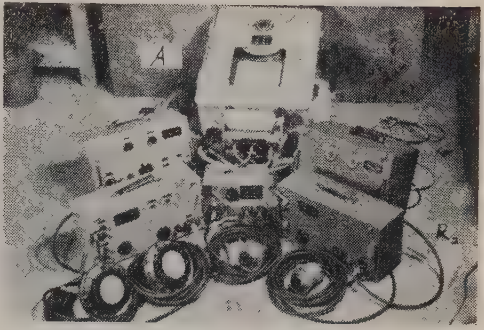
(2) F52S型精密音響測深機
- (A) 記録方式　円弧湿式
- (B) 測深レンヂ　0～20m
- (C) 周波数　88kc
- (D) 発振方式　真空管発振

---

2) 橋本、西村、間庭：魚群探知機の記録像より見た海底地形の忠実性について
漁研技報　第5号　1954年8月　水産庁



第 1 図　実験に使用したチタン酸バリウム振動子



第 2 図　試作測深機（A：記録機　T_1R_2：100/200kc送受信機　$T_2R_2$300/400kc送受信機、V_1V_2：200及400kc送受波器）

第 1 表

周波数（KC）	振動子材質	寸法（mm）	半減指向角（度）	備考
88	ニッケル	112×56	5°/10°	F52S用
100	チタン酸バリウム	40φ	16°	試作機用
200（A）	〃	40φ	7.5°	〃
200（B）	〃	90φ	3.3°	〃
300	〃	40φ	5°	〃
400	〃	40φ	3.8°	〃

(2) 実験方法

堰堤式発電所の調整池（人工湖）に於て湛水前に旧河流に直角に一つの横断面を選び三角測量を行つた。第5図は三角測量図の実験地点附近を示している。第3図及第4図はそれぞれ、湛水前及湛水後の測量地点附近の状況を示している。この横断面は左右両岸は急傾斜をなしており、中央より右岸よりの水深10mの所に張石護岸（河の本流と上中堰を分離するための）があつたので、この護岸を中心として実験を行つた。この護岸断面は底部巾6.2m、高さ2.8m，右方傾斜角66°、左方のそれは34°であるが、護岸左方中部以下及右方底部には、湛水後堆砂のため、外少地形に変化がある事がレッド測深及採泥により判明した。

湛水後この横断面に沿つて音響測量を行つた。即ち横断面の両岸の測量基点間に間縄を張り、これに沿つて実験装置を装備した小型船を移動させ、連続測深を行つた。測線上での位置の決定は、右岸基点よりの尺度にもとづき、1m間隔に測深機の記録上にマークを施すことにより決定した。第6図は音響測量状況を示している。

2. 実験結果

筆者等は昨年只見川系柳津発電所の調整池に於て、送受波器の半減指向角22°（周波50kc）の測深機により今回と略同様の実験を行い、その結果については既に発表したが、こゝにその一部を再録し第7図及第8図に示した。第7図は人工湖横断面の測深記録、第8図は測深記録より求めた地形と三角測量図とを対比させたものである。図より明かな如く、右方の傾斜が緩かな断面では音響測量は三角測量による地形と一致しているが、左方の急傾斜及段階地形に於ては、第7図に見られる如く複雑な様相を示し、之より求めた測

3）脚註（2）参照

深地形図も実形と甚だ異つている。

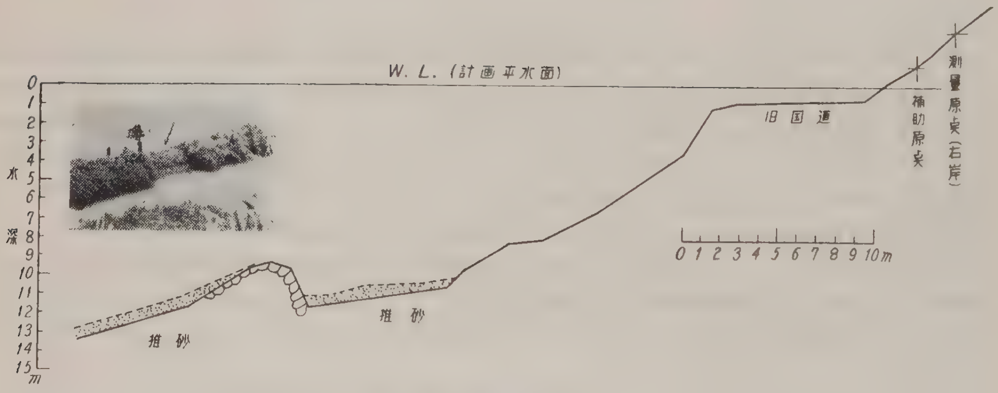
そこで本実験では送受波器の半減指向角を7°乃至3°程度の鋭い場合について検討を行つた。

(1)　同一周波数に於て指向角の異る場合

送受波器の理論指向特性の半減指向角 θ_h を16°及5°（100kcの場合）[4]、7.5°　3.3°（200kcの場合）の2種を選び、これらの各送受波器を用いて測深した結果を第9図A、C、B、E及第10図A、C、B、Eに示す。

第 3 図　湛水前の人工湖（＋印は両岸測量基点上流より望む）

第 4 図　湛水後の人工湖（＋印は両岸測量基点上流より望む）

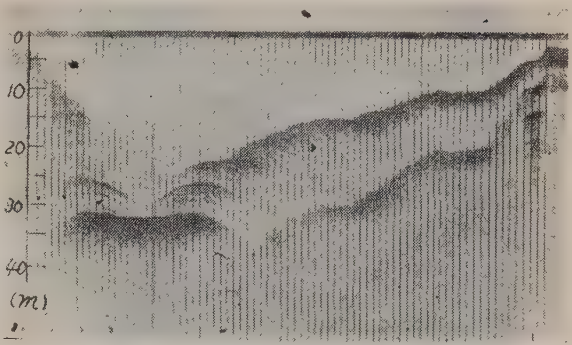

W. L. (計画平水面)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
m
水深
旧国道
補助原点
測量原点(右岸)
推砂
推砂
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10m

第 5 図　三角測量図

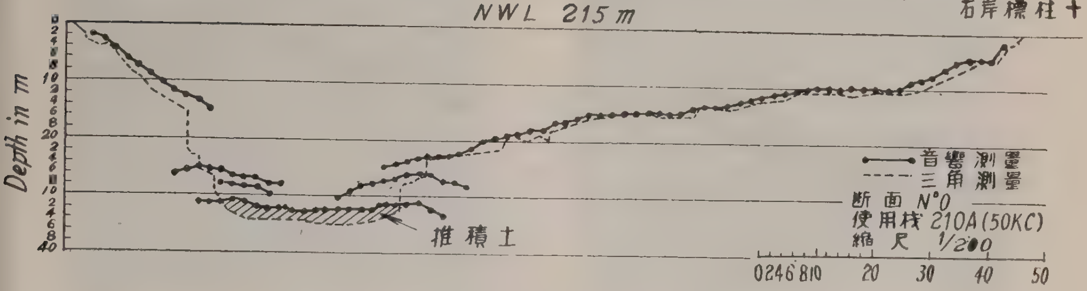
---

4)　実験に使用したのは、100kc 及 88kc の超音波であるが、その水中の伝播特性は大体同一であると考えられるので両者を 100kc として取扱つた。

第 6 図　音響測量状況



第 7 図　急斜面における測深記録
（50kc $\theta_h=22°$ 1953年10月、柳津）

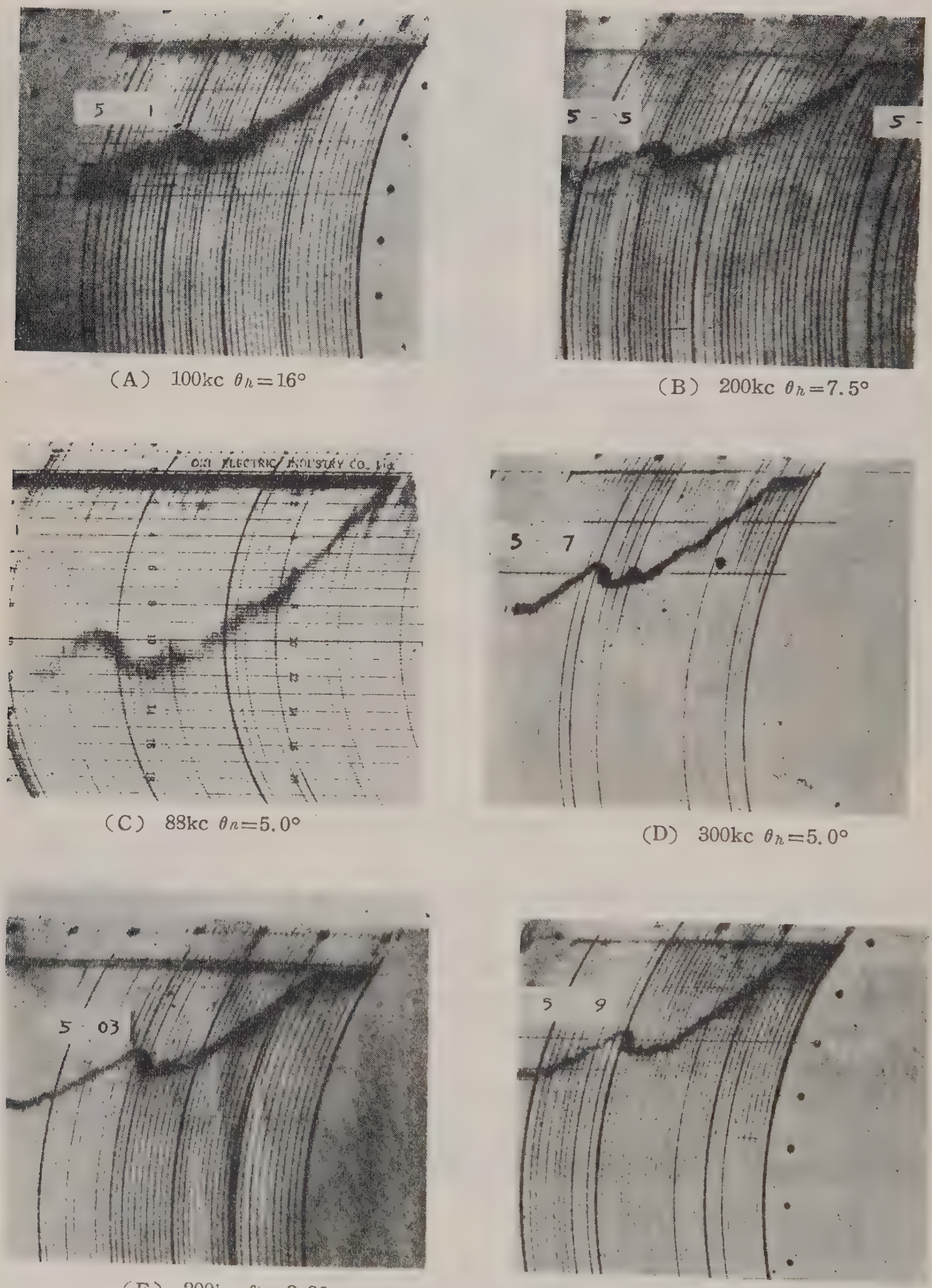


第 8 図　上の記録より求めた地形と実形との対比

第９図は測深記録、第10図は測深地形と実形とを対比させたものである。第10図Ａの $\theta_h=16°$ （100kＣ）に於ては護岸の外形は歪められ、測深記録よりは護岸の実形を把握することは困難であるに反し、Ｃの $\theta_h=5°$ （100kc）の場合には実形に可成忠実な記録が得られる。次に $\theta_h=7.5°$ 及 3.3° の 200kc の測深結果についていえば、$\theta_h=7.5°$ では或程度実形の傾向が認められるが、護岸底部右方の長さは実形のそれより 1m 長く、$\theta_h=3.3°$ ではそれが 20cm 長く記録されているにすぎず、実形に極めて忠実なものを示している。

（2）　同一指向角に於て周波数の異る場合

超音波の周波数を 100 及 300kc （$\theta_h=5°$）、200 及 400kc （$\theta_h=3.5°$）の２種を選び、これらを用いた測深結果を解析すると第10図Ｃ、Ｄ、Ｅ、Ｆに示す如くである。第９図Ｃ、Ｄ、Ｅ、Ｆは測深記録を示した。しかし本実験の範囲では周波数の相違により測深の忠実性の良否は特に認められない。



（A） 100kc $\theta_h=16°$

（B） 200kc $\theta_h=7.5°$

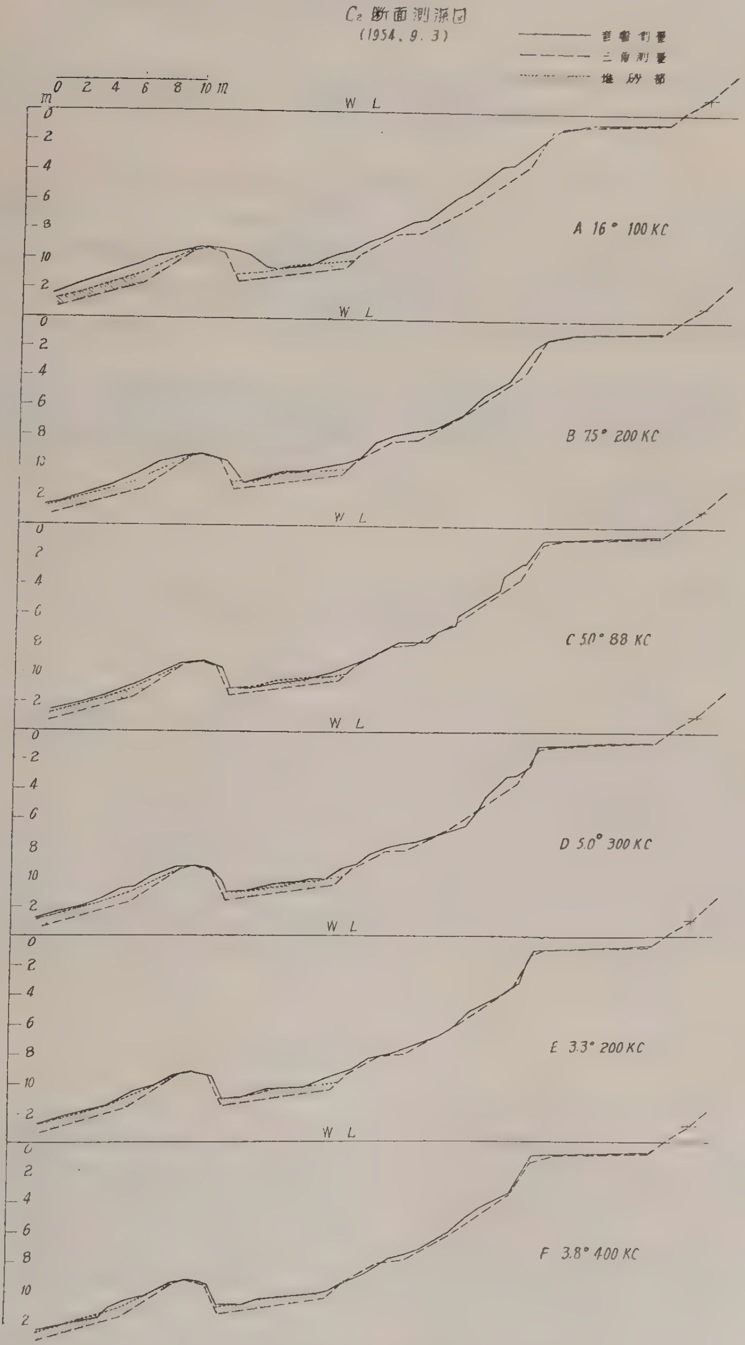
（C） 88kc $\theta_h=5.0°$

（D） 300kc $\theta_h=5.0°$

（E） 200kc $\theta_h=3.3°$

（F） 400kc $\theta_h=3.8°$

第 9 図 精密測深記録



第 10 図　音響測量と三角測量との対比

むすび

実験結果を要約すれば次の如くである。

1）指向性を鋭くするために、200～400kc程度の周波数を有する超音波を使用すれば超音波送受波器等を小型軽量化出来るので測量船への装備が簡易化され小型船による沿海或は湖沼における測量が容易になる。

2）送受波器の半減指向角が3°程度に尖鋭な測深機によつて測深を行えば約20m迄の深度であれば海底地形に忠実なる測深記録を得る事が出来る。更にこの場合、超音波のビームの広い測深機で見られる如き急傾斜或は階段地形における記録の伸びがないので、魚礁に接近している魚群の検知も可能である。

3）本実験範囲内では周波数の相違による測深の忠実性の良否は特に認められなかつたが、周波数が高くなるに従つて、海底の粗度或は底質の粒度等を考慮する必要がある。

（謝辞）

本研究は沖電気工業株式会社　秋元喜一郎、河中洸人、井熊定重諸氏の協力の下に行われたもので、実験に御協力をいたゞいた東京電力株式会社　脇坂清一、丸山勘治、大畑長次郎、渡辺二郎、梅沢寿の諸氏に感謝する次第である。

（1954年10月10日）

魚群体の超音波反射損失と反射波の性質

橋本富寿、間庭愛信

概要

先に漁研技報第4号で魚体の超音波の反射に関して報告したが、本号では魚群体に超音波が当つたときの反射波の性質について理論の展開と実験的検討を行い、その結果を報告する。

魚群の超音波の反射機構がこれによつて明瞭となつたので、魚群探知機の研究、設計には役立つものと信ずる。

更に魚群体よりの超音波の音響勢力密度に関し、記録紙に指示される濃さより判断している向もあるが、これらは極めて不正確のものであるので、その測定法について新提案を示している。この測定法は魚群の深度、送波器よりの音響出力に無関係であるので各種の測定結果を比較検討するに便宜である。

Ultrasonic Reflection Loss of Fish Shoal and Characteristics of the Reflected Wave

Abstract

On the Technical Report of Fishing Boat No. 4, we reported the ultrasonic reflection of fish body. Then we treated the characteristics of the reflected ultrasonic wave at the shoal of fish theoretically and experimentally, and now we report that result.

Surely, it contributes to the design of the fishfinder that the characteristics of ultrasonic reflection of the shoal of fish was made clear by this treatment.

Someone measures the density of the sound energy propagating from the shoal of fish by the deepness of the record, but it is very inaccurate. Therefore we propose a new method of measurement. This method has no relation with the depth of the shoal of fish and the sound-energy sent from the sender, so it is convenient to compare and examine the results of measurement.

項目

まえがき
1. 網地よりの反射波に関する実験
  （1） 送受波器と網地の距離と反射音圧の関係
  （2） 遠距離に於ける網地よりの反射波の性質
2. 平面分布の魚群体よりの反射波に関する実験
  （1） 平面分布の魚群体密度、分布面積と反射音圧の関係
  （2） 平面分布の魚群体よりの反射波の性質
3. 平面分布の魚群体及び網地の反射損失に関する理論的検討
  （1） 理論的検討
  （2） 平面分布の魚群体の反射損失の実測値と計算値の比較
  （3） 網地の反射損失の実測値と計算値の比較
4. 立体分布の魚群体よりの反射波
  （1） 立体分布の魚群体よりの反射波に関する実験
  （2） 立体分布の魚群体の反射損失の理論式

本研究は、昭和29年3月電通学会超音波専門委員会で発表してある。

（3）　立体分布の魚群体の反射損失の実測値と計算値の比較
（4）　立体分布の網地よりの反射波に関する実験
5.　平面及び立体分布の魚群体よりの反射の実験結果に対する理論的検討
（1）　魚群体よりの反射波の性質
（2）　網地よりの反射波の性質
6.　魚群体の反射損失とその実技的測定法
むすび

まえがき

筆者等は既に単独の魚群の超音波の反射に関して種々の実験を行い、技報第4号に詳述した1)。これが群をなした場合の魚群体の超音波の反射に関しては諸説2)3)があるので、本報告に於て筆者は実験的検証を行い新しく理論式を導入する。実際海面に於ては魚群が移動するため各種の場合に就て検証を行うことが無理なので人工的に平面に分布させた魚群体よりの超音波の反射を数種の場合に就て実験し、一方、魚群模型に代用する目的でよくぬれた漁網よりの反射波の性質を検討した。その結果、漁網の超音波の反射が前者とかなり相似であることを見出したので、複雑な実験的検証は漁網よりの超音波の反射波の特性に依つて究明してある。

以下本報告に於ては、先づ網地の超音波反射の性質を実験的に調べ、網地の結び目（節）とそれにつながる脚とを1個の単独魚体と考え得ることを示し、次に生きた魚体（但し仮死状態）を人工的に平面分布させその反射波を研究する。この様にして両者の相似性を確めた。又網地を2枚、乃至3枚重ねて配置することにより、立体分布の魚群模型とし、その実験を行つている。次いで、魚群体反射波の理論を展開し、之等の実験と比べて検討してある。

1.　網地よりの反射波に関する実験

この実験は主として油壺灣、浦賀灣、館山灣で行つたものである。

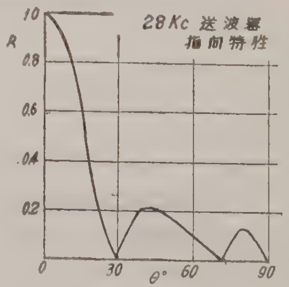
（1）　送受波器と網地の距離と反射音圧の関係

a.　測定装置及び試料

測定機　　沖製記録式魚探機　周波数　28kc
送受波器　　ニツケル NA 型磁歪振動子
送受波面寸度は
送波器　　11.2cm×11.2cm
受波器　　6.4cm×1.85cm
網地　　規格はマニラトワイン3寸目、2.3匁、寸度及び面積は第1表の通りである。

第1表

寸度 (m)	面積 (m²)
1.00×1.00	1.000
0.70×0.70	0.490
0.50×0.50	0.250
0.35×0.35	0.123
0.20×0.20	0.040
0.15×0.15	0.023



第1図

b.　送受波器と試料の距離を変えた場合の反射音圧

第2図の如く送受波器を水面直下に固定し、その下に正方形の網地を水平に懸吊し、送受波器よりの距離を変へて、その反射音圧を測定し、距離と反射音圧の関係を求めた。網地は浸水直後では含有気泡の為、反射損失の測定値が異るから長時間水に浸してから実験を行つた。

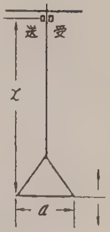
---

1)　漁船研究技報第4号　魚群探知機に関する研究V　水産庁漁研
2)　無数の反射体からの反射合成に関する理論的検証　超音波委員会　実古純一　1952
3)　雑然と分布する群体よりの反射波強度に就て　超音波委員会　菊池喜充　1951

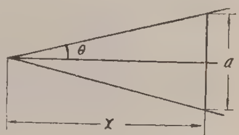
1m×1m のマニラトワイン網地を用いて測定した結果を第4図に示す。

この実験結果を見ると $x=3\mathrm{m}$ にて曲線が折れ曲つている。この屈曲点の意味を本報告全体に亘つて検討するのであるが、先づ $a=1\mathrm{m}$ を用い、本網地が音源に対してなす開角 θ を計算してみる。（第3図参照）

$$\theta=\tan^{-1}\frac{\frac{a}{2}}{x}=\tan^{-1}\frac{0.5}{3}=\tan^{-1}0.167=9°36'=9.6°$$



第 2 図



第 3 図

一方、第1図送波器指向特性より、音圧半減角 θ_1 は 16° であるから、上記の開角 θ との比を求めて見ると

$$\frac{\theta}{\theta_1}=\frac{9.6}{16}=0.6$$

となる。

この様な関係になる距離 x_0 を境として、それより θ が小さくなる距離では反射波の伝播特性が異ることが示されている。1m角の網地に対しては前述の如く $x_0=3\mathrm{m}$ であつて、$x<x_0$ で距離 x に反比例した伝播となり、$x>x_0$ で距離 x の自乗に反比例した伝播となつている。

各種の寸法の網に就て、一辺の長さ a が

$$a=0.6\,\theta_1\,x_0\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

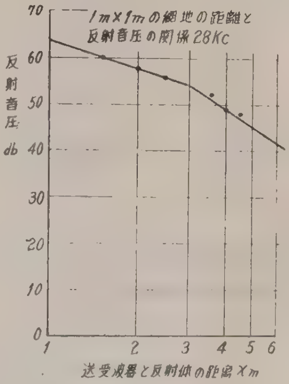
となる距離 x_0 を計算すると第2表の様になる。

今 a が 1m, 0.7m 及び 0.2m の三種の網に就て第4図と同様の測定を行へば第5図の結果が得られた。第5図の屈曲点に対応する音源と網地の距離は、何れも 3m, 2m, 0.55m となり、第2表の x_0, 従つて(1)式の関係にある x_0 と略々等しいことが判る。

この様に

$$\theta_0=0.6\,\theta_1\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

の関係にある開角が特別の意味を持つている様に見られるので、こゝで $0.6\,\theta_1$ の値を有効角と定義して置く。



第 4 図

第 2 表

a(m)	x_0(m)
1.00	2.94
0.70	2.06
0.50	1.47
0.35	1.03
0.20	0.56
0.15	0.44

$\theta_0=9.6°$

c.　異る面積の網地の反射

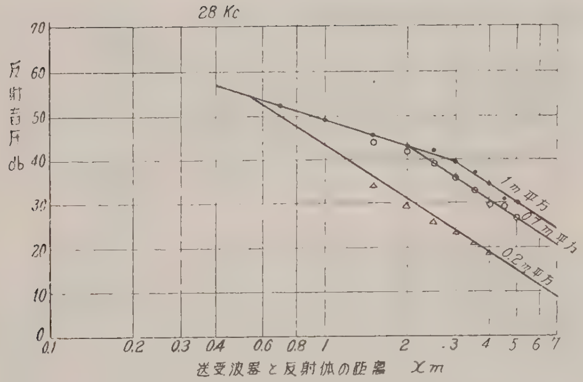
各種の大きさの網地を第6図の如く、送波器より $x=2\mathrm{m}$ の深度に水平に懸吊してその反射音圧を測定する。第3表はそれらの寸法及び $x=2\mathrm{m}$ の時の網地の開角 θ と、送波器の半減角 θ_1 との比 θ/θ_1 を示してある。測定音圧を θ/θ_1 に就て示せば第7図の如くなる。又面積Aに就て示せば、第8図の如くなる。

第7図より、θ/θ_1 が 0.6の附近で反射音圧は飽和値に近づき、θ/θ_1 が更に大きくなつても反射波の音圧は強くならないことが判る。一方第8図より判る如く $A=0.5\mathrm{m}^2$ にて飽和値に近付き、それ以上面積を大きくしても反射音圧は増加しない。これ等のことに就て更に詳細な実験を次項に述べる。

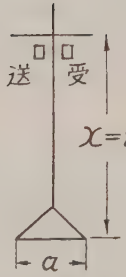
（2）　遠距離に於ける網地よりの反射波の性質

（1）項で説明せる網地よりの反射波の性質は、音源と網地の距離が 2～3m の場合であるが、之が20～30m となつた場合、反射に寄与する網地の面積がどうなるかを調べる。

a.　測定装置及び試料



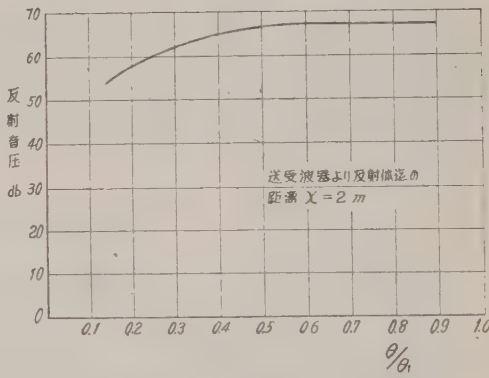
第 5 図 各種の面積の網地の距離と反射音圧の関係



第 6 図

第 3 表

網地の辺 a(m)	同面積 A(m²)	θ/θ₁
1.00	1.000	0.88
0.70	0.490	0.62
0.50	0.250	0.45
0.35	0.123	0.31
0.20	0.040	0.18
0.15	0.023	0.14

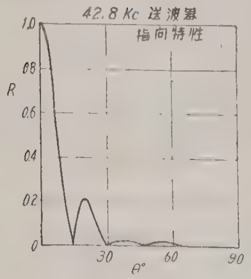


第 7 図 2mの位置に於て網地のθ/θ_1と反射音圧の関係

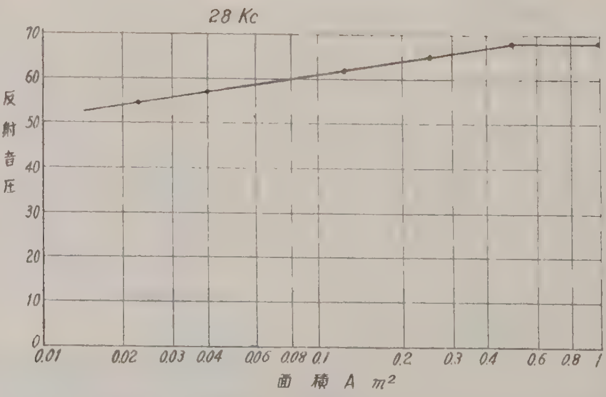
使用機械 42.8kc Fish Graph
送 波 器 送波面寸度は
15cm×15cm正方形
AF 合金製 NA 型磁歪振動子
指向特性を第 9 図に示す。
受 波 器 受波面寸度は
6.4cm×1.4cm 矩形
AF 合金製 NA 型磁歪振動子
前後両面から受波出来る様にしてある。

試 料

定置用網地



第 9 図



第 8 図 2m の位置に於て網地の面積と反射音圧の関係

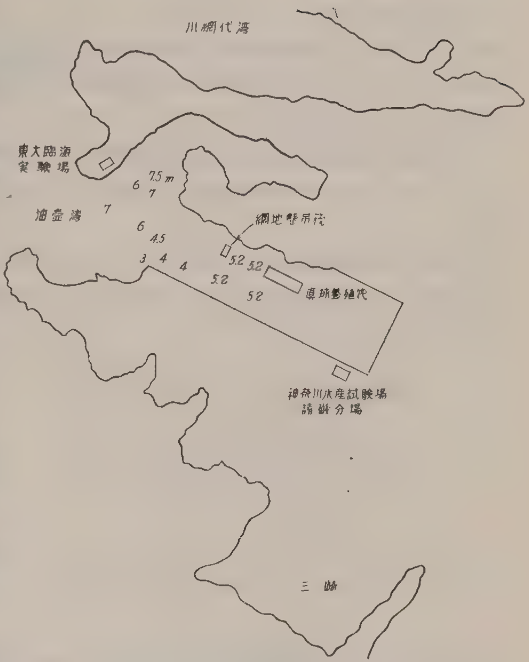
規　格　1.3匁マニラトワイン3寸目、本目結節

b.　実　験　設　備

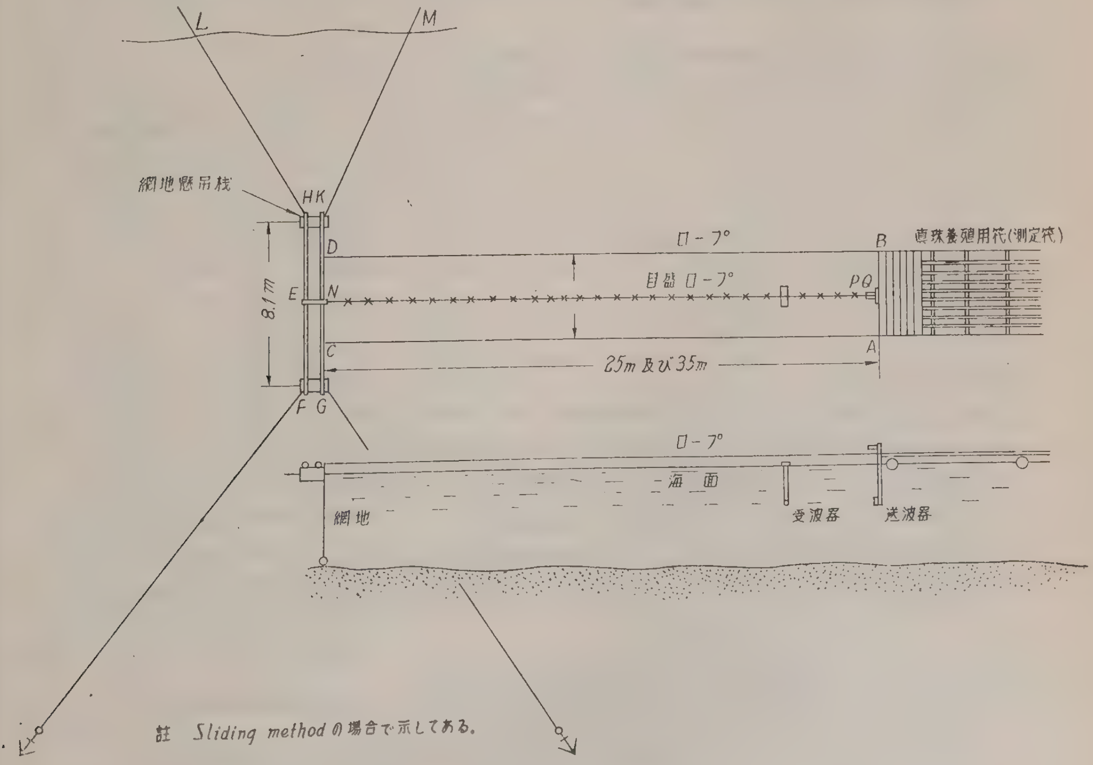
場所は第10図に示す如く、神奈川県三崎町油壺灣で行つた。

此の海面は平常静穏であるが、特に実験中は凪であつた。実験海面の海底深度は、干潮時4.5m、満潮時5.2mで、平坦である。第10図には、満潮時の海底深度を示してある。

網地懸吊筏を第12図の如く、長さ約10mの孟宗竹を3本1束にしたもの2本の両端を夫々井桁に組み之にドラム罐をつける。之を第11図の如く設置した。測定筏の端A及びBと、網地懸吊筏のC及びDを夫々測定距離25m又は35mの長さのマグロ延縄漁業用枝縄でつなぐ。A，B間及びC，D間の間隔は何れも4.2mとする。CDの中点よりPEの延長方向に約50mの距離に枝縄を結びつけた約4貫目の石を海底に投じ、その縄の一端を懸吊筏のE点に結びつけ、伝馬船も同点につけ、その縄をたぐりつゝCDをABに対して平行移動させる。照準器EN，PQが一直線になる様に注意して、送受波


川網代灣
東大臨海実験場
油壺灣
7.5m
6
7
7
6
4.5
3
4
4
網地懸吊筏
5.2
5.2
5.2
52
眞珠養殖筏
神奈川水産試験場
諸磯分場
三崎

第 10 図


L
M
網地懸吊栈
HK
D
E
N
C
F G
8.1m
ロープ
目盛ロープ
PQ
B
A
眞珠養殖用筏(測定筏)
25m及び35m
ロープ
海面
網地
受波器
送波器

註　Sliding method の場合で示してある。

第 11 図

器に十分正対する様にした。

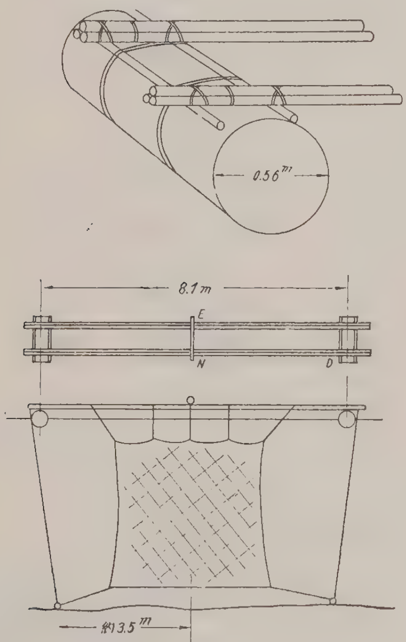
第12図の如く、この懸吊装置の CD 間に約 1m 間隔に枝縄をつけ、それに測定用の網地の上縁をつけ、下縁の両端にロープによつて約2貫目の重錘用の石をつける。この石からの反射がない様注意した。こうすることによつて各網は正方形にきちんとよくはれる。この海面は海底が見える程透明度がよいので、網のはつている状態が各実験の場合に就て確認出来た。又送受波器も網地に正対していることが確認出来た。

送波器を第13図の如く板に取付け、水面より 2m の深度になる様にそれを測定筏の AB の中点 Q に取付ける。

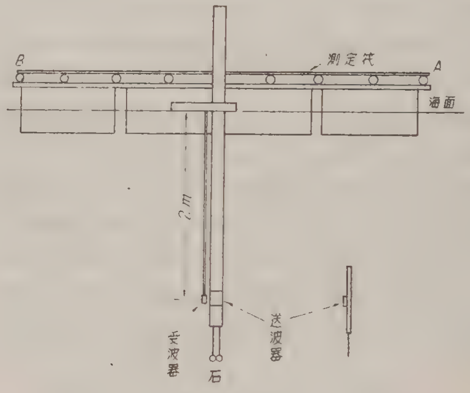
第14図の如き受波器懸吊金具を約 80cm×15cm×4cm の木に取付け、水面に浮く様にする。

この金具に図の如く水面より 2m の深度になる様に受波器を取付ける。

何れも水平方向に向ける。



第 12 図



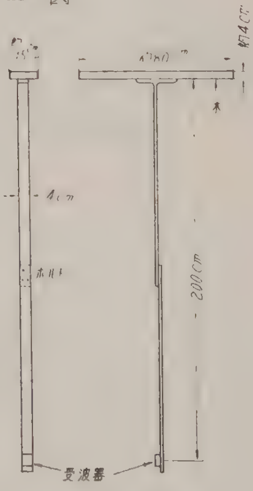
第 13 図

c. 測定結果

42.8kc Fish Graph を用い、送波器を測定筏の AB の中点 Q に固定しそれより 25m 及び 35m の位置の網地懸吊筏に各面積の網地を懸吊し、それよりの反射音圧をマーヂンテスト法[4]に依つて測定する。

I. 音源と網地の距離 25m の場合に於ける測定結果

測定結果を第4表、第15図に示す。こゝに A_0 は次の如きものである。



第 14 図

第9図の指向特性から半減角 θ_1 は 7° となるから、本節 (1) 項 (2) 式より有効角 θ_0 は

$$\theta_0 = 0.6\times 7^\circ = 4.2^\circ$$
$$= 0.0734 \text{ radian}$$

となる。故にこの有効角を開角とする距離 x の点に於けるビームに垂直な面の面積 A_0※ は

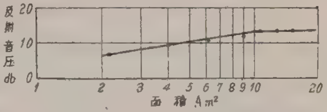
---

4)　海面に垂直方向の超音波の伝播特性　水産庁　橋本富寿　昭和28年　第1章第1節

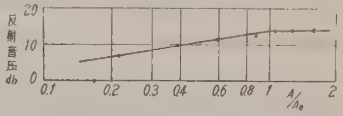
※　ビームを円錐状とみなして行う。

第 4 表

網地の一辺 a(m)	面積 A(m²)	A/A₀	反射音圧(db)
1.5	2.25	0.214	7
2.0	4.00	0.381	10
2.5	6.25	0.595	11
3.0	9.00	0.858	12
3.3	10.90	1.040	14
3.6	13.00	1.240	14
4.0	16.00	1.520	14



第15図　25mの位置に於て網地面積と反射音圧の関係



第16図　25mの位置に於て網地のA/A₀と反射音圧の関係

$$A_0=\pi\left(\frac{a_0}{2}\right)^2 \cdots\cdots\cdots (3)$$

但し　$a_0=2\times x\times\tan 4.2°$

この様な A_0 を有効面積と称することにする。

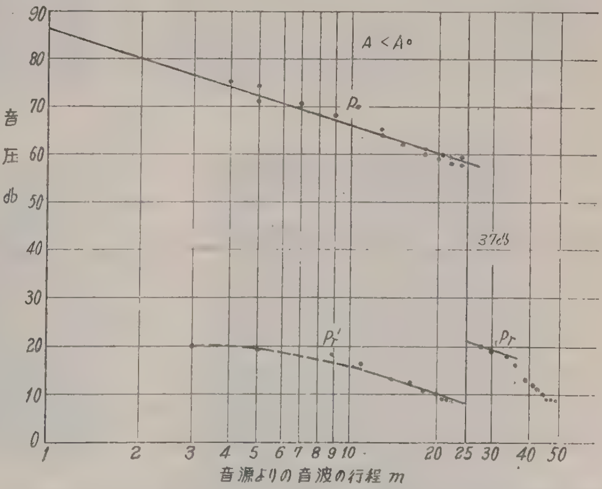
$d=25$m の有効面積 A_0 を計算すると

$$A_0=\pi\left(\frac{a_0}{2}\right)^2=10.5\text{m}$$

となる。各網の面積 A の A_0 に対する比 A/A_0 を第4表第3欄に示してある。A/A_0 を横軸に取つて、之と反射音圧との関係を第16図に示す。

第16図の測定結果は、A/A_0 が1の場合反射音圧が最大値になり、網地の面積 A をそれ以上増加しても反射音圧は大きくならないから、反射音圧の合成に寄与する網地の面積は前記の有効面積に等しいということが出来る。

筆者の提案した Sliding method[5] に依り、直接波と反射波の音圧を測定し、その値を夫々縦軸に取つてP_0, P_r とし、音源よりの音波の行程を横軸に取つてそれらの関係曲線を求めると次の第17, 18, 19図の如くなる。之を見ると何れも直接波は球面拡散をしていることが明かである。第17, 18図は網地の面積が有効面積 A_0 より小さい場合で、網地よりの距離に対して反射音圧を取つて P_r' とする。この様な場合には、反射波は網地より音源方向に向つて或距離迄は音源を原点とする球面拡散をするが、それよりあとは距離の自乗に反比例する減衰を示している。第19図は、網地の面積 A が有効面積 A_0 以上の場合である。反射波は全行程が球面拡散曲線に一致している。この事実から、網地の面積が充分大きい場合は、音源と網地との距離の2倍の距離に音源の音像を考へ、網地の反射損失だけ網地で減衰させられた球面拡散伝播であるものと考へてよいということが出来る。



第17図　25mの位置に1.5m平方の網地を吊した場合の反射損失
(註) 1.5m平方の網地が有効面積 A_0 に等しい距離を計算で求めれば、10.4mとなり、第17図では、反射音圧は網地より11mの距離で屈曲している。

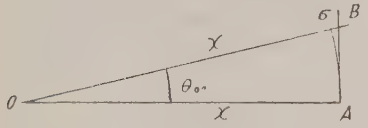
---

5) 海面に垂直方向の超音波の伝播特性　水産庁　橋本富寿　昭和28年

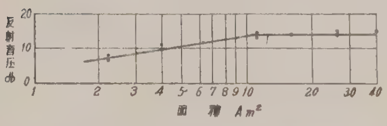
第17，18，19図に示した反射損失測定法は、筆者が海底反射損失測定法として用いた方法[6]であつて、直接波と反射波の性質を検討するに便利である。従来の反射能と定義された如き考へ方で実験を行つたのでは、音源と反射体の距離の2倍距離に音像を考へ、之から球面拡散した音波の強さと、反射体よりの反射波の強さの比で示されるが故に第17．18図の場合の如き反射体では、反射損失と反射波の伝播上の拡散損失とを含めて考へる為之を分離することが出来ず、反射損失を考究するには便利でない様に考へる。

Ⅱ．音源と網地の距離3.5mの場合に於ける測定結果

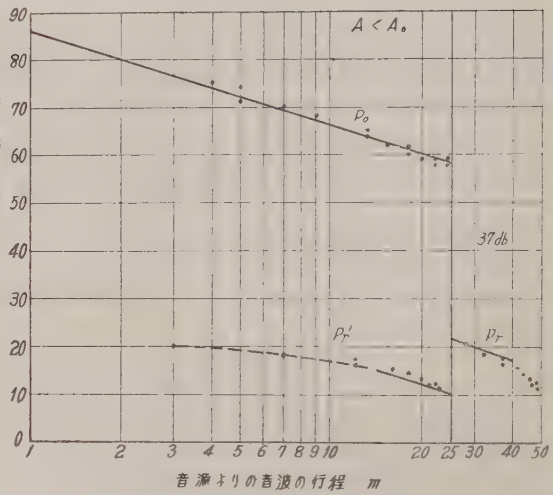
音源と網地とが遠距離の場合には、第20図で示す如く、音源0より有効角 θ_0 で発射された音波の内、OA，OB なる path の異る音波に就て考へれば、若し OB と OA の差 δ が pulse length より大になれば、B点に於ける反射波は合成に寄与しない筈である。



第 20 図

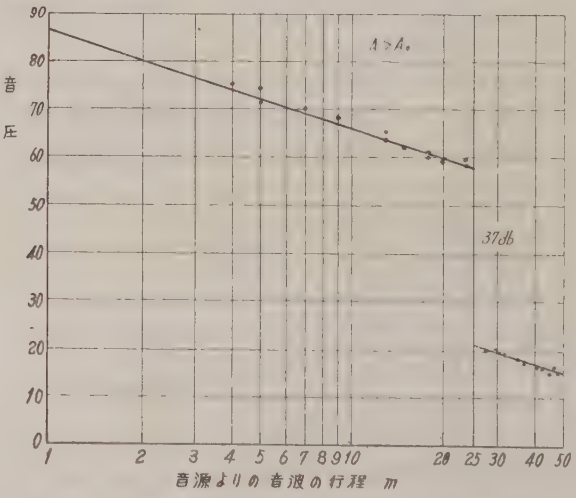


第21図　35mの位置に於て網地面積と反射音圧の関係



第18図　25mの位置に2m平方の網地を吊した場合の反射損失

（註）2m平方の網地が有効面積 A_0 に等しい距離を計算で求めれば、14mとなり、第18図で反射音圧 P_r は網地より14mの距離で屈曲している。



第19図　25mの位置に4m平方の網地を吊した場合の反射損失

そこで音源と網地の距離を35mとして網地の面積を変化して反射音圧の関係を求めると反射音圧は、第21図の実測結果より判る如く網地の一辺の長さaが3.3mの時から略々一定値に近づく。こゝで1.（2）．c 項で示した（3）式を用いて有効面積 A_0 を求めてみる。

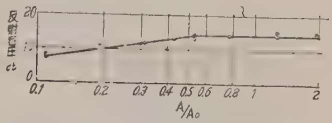
$$a_0 = 35\text{m} \times 0.0734 \times 2 = 5.14\text{m}$$

$$A_0 = \pi\left(\frac{5.14}{2}\right)^2 = 20.7\text{m}^2$$

6）海面に垂直方向の超音波の伝播特性、第1章第2節　水産庁漁研　橋本富寿　1953

A/A_0を横軸に取つて、第21図の反射音圧の関係を第22図に示す。

この結果より明かな如く、反射音圧は $A/A_0=0.52$ から殆んど変らない。この場合、A/A_0が前述せる如く0.6より小さい値であるが、これらに就て5で考察する。



第22図　35mの位置に於て網地のA/A_0と反射音圧の関係

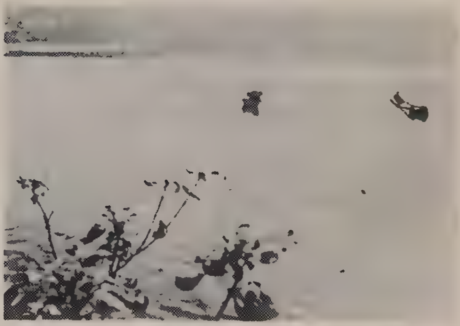
d.　実験状況の資料

以下実験状況の写真を参考に供する。

全　　　　景

網地懸吊筏設備状況

網　地　懸　吊　筏



反　射　損　失　測　定

反射測定受波器移動

測定に使用した網地

2. 平面分布の魚体よりの反射に関する実験

（1） 平面分布の魚群体密度、分布面積と反射音圧の関係

a. 測定装置

使用機械　42.8kc Fish Graph

送波器　送波面　15cm×15cm

受波器　受波面　6.4cm×1.4cm

何れも 1.（2）. a に示したものと同じである。送波器指向特性は、同項第９図に示す。

b. 設備

本実験は神奈川県三崎町油壺灣で行つた。

第１図の様に太い竹で枠を架構し、うきとしてドラム罐２個を附し、之を真珠養殖用筏の端に縛りつける。

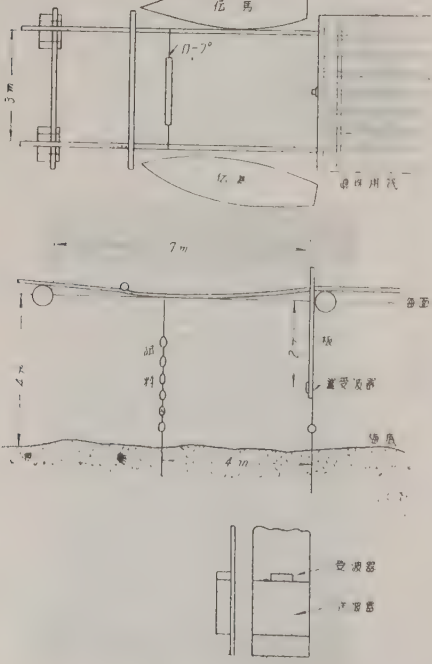
送受波器は図の様に板に取付け、送受波面が２mの深度に於て水平に向く様に固定する。

c. 反射物体取付架

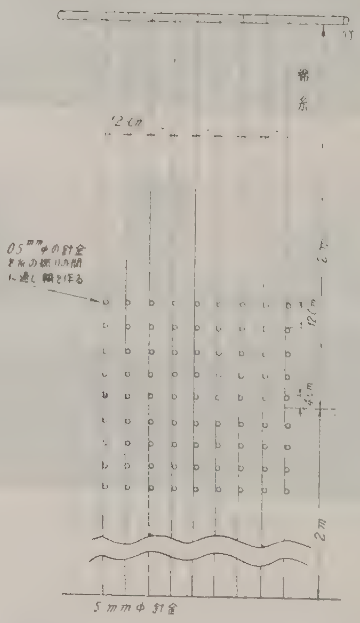
第１図、第２図に示す様に、竹に12cm間隔に長さ 4m の綿糸を９本つけ、図の様な配列に直径0.5mmの針金を糸の撚りの間に通して輪を作る。之は反射体を簡単に、且ずれない様に取付ける為である。糸の最下部に直径５mm、長さ 1.5m の針金を竹と平行につける。糸の規格は、綿糸10番手、３子６本合せである。

d. 測定方法

反射物体取付架に反射体を分布させ、之を送受波器から水平距離４mの位置に垂直に下げる。この場合反射装置の上部の竹は、水面上すれすれに出る様にする。分布した反射体の中心は、深度2m に保たれるわけであるが、之が送受波器に正対する様に注意する。マーヂンテスト法に依つて音圧を測定する。海面


伝馬
ロープ
3m
伝馬
真珠用筏
7m
海面
板
2m
試料
4m
送受波器
海底
4m
受波器
送波器

第 1 図


竹
綿糸
12cm
0.5mmφの針金を糸の撚りの間に通し輪を作る
2m
12cm
4cm
2m
5mmφ針金

第 2 図 反射物体取付架

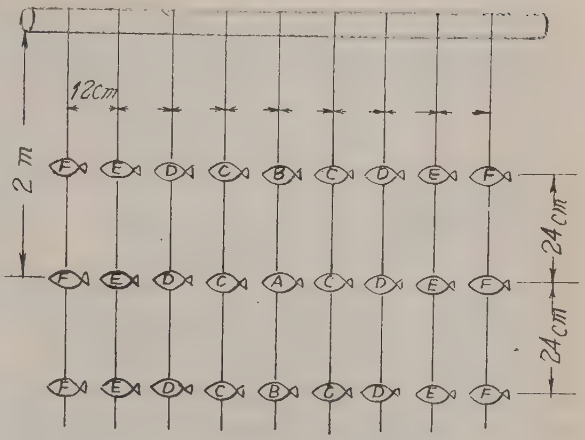
は非常に静かなので動揺少く。反射体は送受波器に確実に正対していた。

e.　小アジ群からの反射波の合成音圧強度

活きた、体長約 10cm の小アジを、反射物体取付架に分布させその分布面積及び分布密度を変へて反射音圧を測定する。

釣針にテグスをつけ、針より約5～10mm離してクリップをつける。クリップを反射物体取付架の糸につけてある針金の輪に挟み、アジを釣針につける。測定方向はアジの背面である。

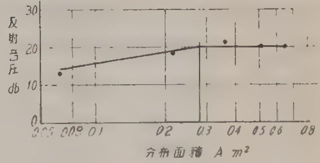
先づ単位面積の密度を一定としその面積を変へた場合の分布状態を第３図に、測定結果を第１表、第４図に示す。



第 3 図

第 1 表

番 号	分布状態	尾　数	分布面積(m²)	反射音圧(db)
1	AB	3	0.072	13
2	ABC	9	0.216	18
3	ABCD	15	0.360	21
4	ABCDE	21	0.504	20
5	ABCDEF	27	0.148	20



第4図　小アジの密度一定の場合の分布面積と反射音圧

1.（2）. c と同様に、有効指向角 θ_0 は 4.2° である。送波器より 4m の位置に於てこの角度に対する有効面積 A_0 の直径は

$$a_0 = 2 \times 4\text{m} \times \tan 4.2^\circ = 60\text{cm}$$

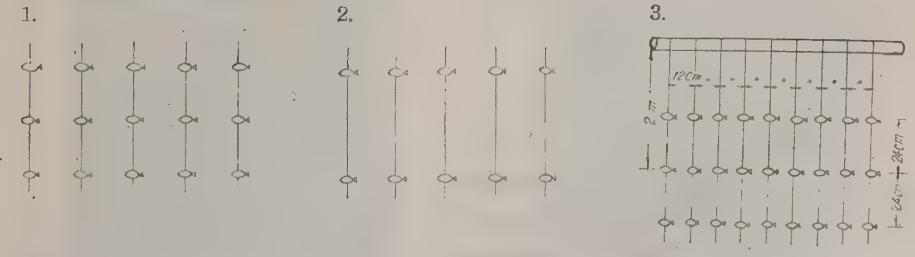
であつて、有効面積 A_0 を計算すると

$$A_0 = \pi\left(\frac{a_0}{2}\right)^2 = 0.28\text{m}^2$$

である。

反射音圧は、最初は面積A或は尾数Nの平方根、即ち$\sqrt{A}$或は$\sqrt{N}$に比例する。次に第4図に明かな如く、魚群の分布している面積が有効面積以上に大きくなると反射音圧の合成に関係しないことが判る。

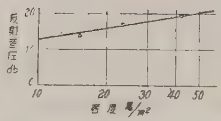
次に魚群の分布している面積を第１表５番に示した 0.6m² にとつて一定とし、その密度を変へて反射音圧がどうなるかを調べた。分布状態を第５図に、測定結果を第２表、第６図に示す。横軸には単位面積（1m²）当りの尾数を取る。



第 5 図

第2表

番号	尾数	密度(尾/m²)	反射音圧(db)
1	10	15.4	14
2	15	23.2	17
3	27	41.7	20



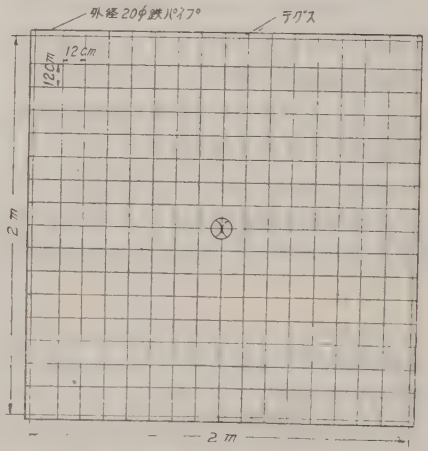
第6図　小アジ分布密度と反射音圧

反射音圧は密度の平方根に比例することが判る。

f.　サバ群からの反射波の合成音圧強度

サバを用いてその分布している面積及び密度と反射音圧との関係を求める。

この測定では、魚体の側面を正確に送受波器に向ける為、第7図の様な反射物体取付架を用いる。即ち外径20mmの鉄のパイプで枠を作り、之に12cm間隔に1分のナイロンテグスをはる。魚体は側面が送受波器に向く様にえらの附近と尾鰭の附近の2箇所をテグスに縛りつける。



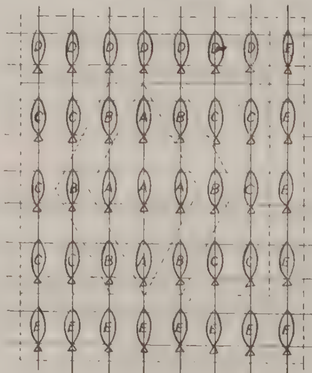
第7図

測定に使用したサバの寸度を代表的な数例に就て示せば第3表の如くである。

第3表

番号	全長(cm)	体長(cm)	体高(cm)	体巾(cm)
1	15	17.5	3.4	2.4
2	18.6	16.5	3	2
3	21	19	3.6	2.5
4	20	18	3.3	2.5
5	21	18.3	3.8	2.5

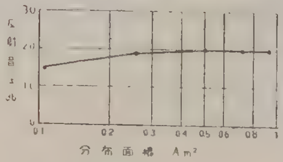
一定密度でその分布せる面積を変へて測定した場合の分布状態を第8図に示す。この場合の測定結果を第4表第9図に示す。有効面積 A_0 以内では、サバ群の場合に就ても反射音圧は面積A或は尾数Nの平方根、即ち $\sqrt{A}$ 或は $\sqrt{N}$ は比例し、A_0 以上では殆ど一定である。



第8図

第4表

番号	分布状態	尾数	分布面積(m²)	反射音圧(db)
1	A	5	0.108	15
2	AB	11	0.252	19
3	ABC	21	0.504	20
4	ABCD	28	0.705	20
5	ABCDE	40	0.920	20



第9図　鯖の密度一定の場合の分布面積と反射音圧

次に分布と密度を変へて測定した場合の分布状態を第10図及び第11図に示す。夫々の場合の測定結果を第5表第6表に示し、之を第12図にまとめて表す。横軸には単位面積（1m²）当りの尾数を取る。第12図より、魚体相

互間の間隔は密度と共に変るが反射音圧は密度の平方根に比例することが判る。

第 5 表

番号	尾数	密度 (尾/m²)	反射音圧 (db)
1	10	11	16
2	20	22	18
3	40	43	21

第 6 表

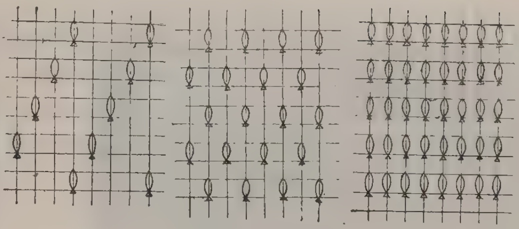
番号	尾数	密度 (尾/m²)	反射音圧 (db)
1	13	13	16
2	25	25	17
3	37	37	20

g. 結果

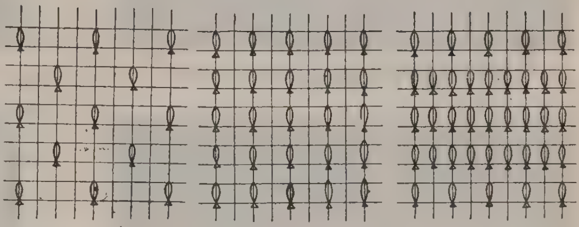
以上の音源と反射体が近距離 (4m) に於ける実験より次の結果を得た。

1) 反射音圧は有効面積 A_0 内では反射体の分布せる面積Aの平方根 $\sqrt{A}$ 或は数Nの平方根 $\sqrt{N}$ に比例する。

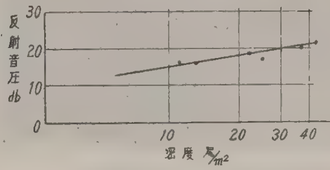
2) 有効面積 A_0 以上の面積では反射音圧が増加しない。即ち有効面積 A_0 以内に存在する魚群が反射に寄与する。



第 10 図



第 11 図



第12図 鯖分布密度と反射音圧

3) 反射音圧は反射体の密度の平方根に比例する。

4) 前記の 1)、2)、3) の関係は魚群体、網地ともに成立する。

5) 個体相互間の間隔一定の場合でも、さうでない場合でも、反射音圧は $\sqrt{N}$ に比例している。

h. 実験状況の資料

以下実験状況の写真を参考に供する。

送受波器及びその附近の状態

パイプ枠に鯖を分布させた状態

反射物体取付架を定位置に吊した状態

パイプ枠を定位置に吊さんとする状態

測定に使用した鯖

測定機械

(2) 平面分布の魚群体よりの反射波の性質

活魚を用い、Sliding method1) で測定した。第13図に示す如く、送波器を海面下 0.5m に置く。魚群体分布用枠は図に於て A B B′ A′ であつて、送波器より 3m の距離に保持する。その保持装置は $\frac{3}{8}''\phi$ の鉄棒で、1m 四方の枠CDの四隅を綿糸で海面より吊つたもので、その途中、送波器から 3m の所に針金をはり前記魚群体分布用枠 A B B′ A′ を保持する。魚群を分布せる面積を有効面積 A_0 に等しくとつて、直径 50cm の円形とした。即ち前項と同一の 42.8kc 輻射面積 15cm×15cm の磁歪振動子を用いるから、$x=3$m に対する有効面積 A_0 は 50cm の直径の円形である。魚群は何れも注意深く背面が超音波の進行方向に垂直にある様におく。

37尾の片口イワシを有効面積 A_0 中に平面分布せしめた。

実験に使用した片口イワシは活きたものを金田灣より、久里浜灣に移送し、実験中は仮死状態になつている その代表寸度は第7表の如きものであつた。

第 7 表

番号	全長(cm)	体長(cm)	体高(cm)	体巾(cm)	体積 (cc)
1	12.0	10.0	1.6	1.2	10.0
2	12.5	10.6	1.8	1.3	10.5
3	12.2	10.6	1.8	1.3	11.0
4	12.1	10.4	1.8	1.2	10.5
5	12.2	10.2	1.7	1.3	9.0

---

1) 海面に垂直方向の超音波の伝播特性 水産庁漁研 橋本富寿 1953

之らの試料の単独魚体としての反射損失※ β_1 は、漁船研究技報第4号 P. 146（昭和28年12月）に示した如き置換法で測定すると第8表の如くなる。即ち第8表は、深度 3 m に於て3寸硝子球と魚体とのマーヂン差より、片ロイワシの背中の反射損失を求めた測定値ではその実測値は平均44 db である。

第 8 表

反射体の種類	反射音圧(db)	反射損失β_1(db)
3 寸 硝 子 球	32	32
片ロイワシ 1	20	44
2	20	44
3	19	45
4	19	45
5	20	44
	平　均	44db

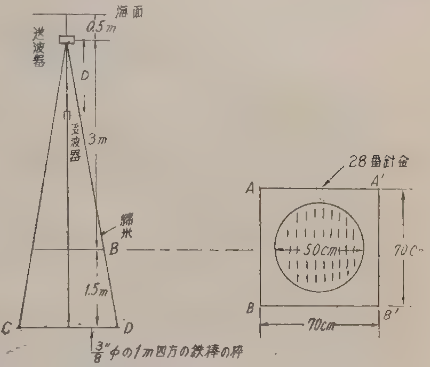
今念の為之を理論式に依つて check するに、漁船研究技報第4号 P. 152（昭和28年12月）に示した如く、魚体の反射損失 β_1 は（1）式の様に表される。

$$\beta_1 = 20 log_{10} \frac{\lambda^2 \ d}{\pi V K \varDelta\rho} \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

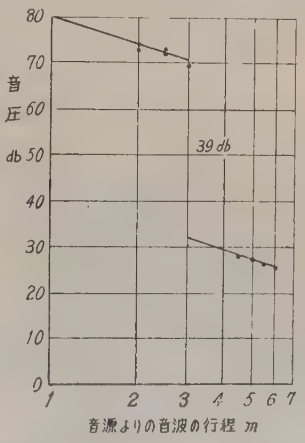
ここに λ は海水中の音波の波長、d は魚体からの距離100cm、Vは魚体の体積、K は魚体の形状係数、$\varDelta\rho$ は魚体と海水の密度差である。

之に
$\lambda = 3.5\text{cm}$
$d = 100\text{cm}$
$V = 10\text{cc}$
$\varDelta\rho = 0.08\text{g/cc}$
$K = 3$

を入れて β_1 を計算すると（2）式の如くなる。



第 13 図



第14図　片ロイワシ1層分布37尾の反射損失

$$\beta_1 = 20 log_{10} \frac{3.5^2 \times 100}{\pi \times 10 \times 3 \times 0.08} = 44\text{db} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

本計算値と第8表の実測値はよく一致している。

第7表に示した片ロイワシ37尾を、第13図の魚群体分布用枠に平面分布させた場合の反射波の性質を、Sliding method で調べると第14図の如く反射損失は 39db となる。之は 1.（2）項の網地の反射損失測定法と同じ方法に依つたものである。

本実測値と理論値の比較検討を次節で行う。

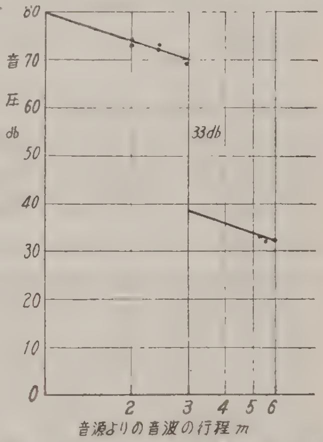
※　筆者の定義による反射損失で、入射音圧を P_0 とし、反射体から音源方向に 1 m の距離に於ける反射音圧を P_1 とすれば

反射損失 $\beta_1 = 20 log_{10} \frac{P_0}{P_1}$

4.　立体分布の魚群體よりの反射波

（1）　立体分布の魚群体よりの反射波に関する実験

2. の平面分布の魚群体を3層、10cm の厚さに立体に分布させて Sliding method で反射損失を測定すれば、第1図の如くなる。直接波と反射波の音圧を夫々縦軸にとり音源よりの音波の行程を横軸に取ると、反射損失は 33db である。



第1図　片ロイワシ3層分布（厚さ10cm，層間隔5cm）3×37尾の反射損失

（2）　立体分布の魚群体の反射損失の理論式

既に述べた如く、魚体の反射損失 β_1 は次式で示される。

$$\beta_1=20\log_{10}\frac{\lambda^2 d}{\pi V K \Delta\rho}\cdots\cdots(1)$$

但し　d=100cm

有効指向角を θ_0，有効面積を A_0，音源より魚群体迄の距離を x，pulse length を l，魚群密度を n，体積 $A_0 l$ 中に含まれる魚体数を N とすれば（第2図参照）

$$N=(x\theta_0)^2\ \pi l n$$

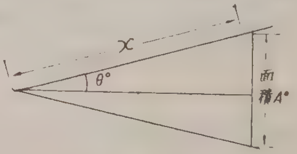
故に

$$\sqrt{N}=x\theta_0\sqrt{\pi l n}\cdots\cdots(2)$$

3.（1）項に依れば、魚群体の反射音圧強度は、魚体個々の場合の $\sqrt{N}$ 倍である。従つて魚群体の反射損失Lは次式で求められる。

$$L=20\log_{10}\frac{\lambda^2 x}{\pi V K \Delta\rho\sqrt{N}}\cdots\cdots(3)$$

$$=20\log_{10}\frac{\lambda^2}{\pi V K \Delta\rho\theta_0\sqrt{\pi l n}}\cdots\cdots(4)$$



第 2 図

β_1 を用いて変形すれば

$$L=\beta_1+20\log_{10}\frac{x}{100}+20\log_{10}\frac{1}{\sqrt{N}}\cdots\cdots(4)$$

$$L=\beta_1+20\log_{10}\frac{x}{100}+20\log_{10}\frac{1}{x\theta_0\sqrt{\pi l n}}\cdots\cdots(6)$$

（3）　立体分布の魚群体の反射損夫の実測値と計算値の比較

こゝで実測せる場合、前項（5）式で反射計失 L を計算して見ると次の如くなる。

$x=300$cm，N＝3×37尾，2.（2）項より $\beta_1=44$db であるから

$$L=44+20\log_{10}\frac{3}{\sqrt{3\times37}}=33\text{db}$$

之は（1）項第1図の反射損失の実測値とよく合致する。従つて反射損失の理論式はこれらの魚種に就て適用しても充分信頼出来るものと考える。

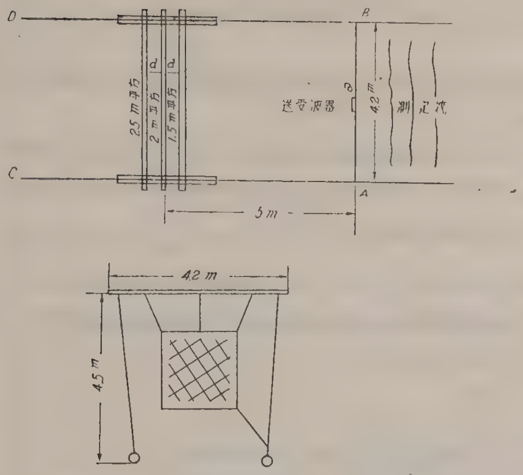
（4）　立体分布の網地よりの反射波に関する実験

測定に用いた送受波器は 2.（1）a で述べた如きもので、測定方法も、2.（1）d を参照していたゞきたい。

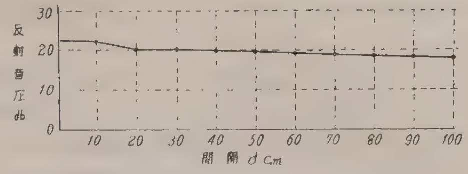
第3図の様に、送受波器より 5m の位置を中心にして、AC，BD のロープにそわせてうきとして竹を縛りつける。測定用網地は竹につけて鉛直に、中心が深度 2m になる様にし、図の如く両側のうきの竹に渡す。うきの竹に目盛をし間隔を正確に保つ様にする。

送受波器は相接して、測定筏の AB の中点 Q に、深度2m に水平方向に向けて固定する。

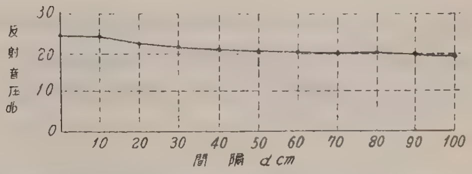
網地は 1.5m 平方、2m 平方、2.5m 平方のものを用いる。2m 平方の網地を送受波器より 5m の距離に固定し、2層の場合は 2.5m 平方の網を送受波器側に移して間隔 d を変え、3層の場合は 2m 平方の網の両側に 1.5m，2.5m 平方の網を等間隔に移動して測定する。間隔 d に対する反射音圧の測定結果を第4図


D
C
B
A
d
d
2.5 m平方
2 m平方
1.5 m平方
送受波器
α
4.2 m
測定波
5 m
4.2 m
4.5 m

第 3 図



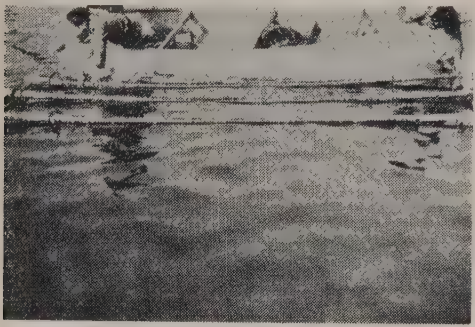
第4図　2層の場合　間隔と反射音圧の関係　2m平方と 2.5m平方　42.8kc



第5図　3層の場合　間隔と反射音圧の関係　1.5m平方，2m平方，2.5m平方の網　42.8kc

（2層の場合）第5図（3層の場合）に示す。

第4図では間隔 20cm 迄合成に寄与し、第5図では 10cm 迄合成に寄与しているということが出来る。尚測定状況は次の写真に示した如くである。



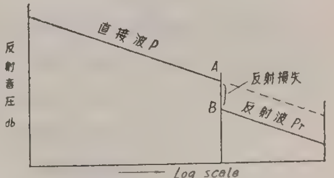
3 層 測 定 状 況

水 中 に 網 を は つ た 所

5.　平面及び立體分布の魚群體よりの反射の実験結果に対する理論的検討

（1）　魚群体よりの反射波の性質

（イ）魚群体が垂直平面にあり、その分布面積が A₀ に等しいか或はこれより大きい場合 1.（2）項第19図より明かな如く、無限の拡がりを有する平面板よりの反射波と同様、音源よりの行程に反比例して減衰する。かような条件では、魚群の反射損失は、海底の反射損失を測定した場合1)と同様に取扱うことが出来る。


反射音圧 db
直接波 P
A
B
反射損失
反射波 Pr
Log scale
音源よりの行程 m

第 1 図

第1図に於て、直接波と反射波の音圧強度を夫々 P_0，P_r とすれば充分広い範囲の魚群で、有効面積 A_0 以上ある場合は魚群体の反射損失 L は AB で示される。

（ロ）魚群体の平面分布 A が有効面積 A_0 より小さい場合

1.（2）項第15図で説明した様に、反射面積 A が有効面積 A_0 より小さい場合に、反射音圧 P_r は $\sqrt{A}$ に比例する。こゝで

---

1)　海面に垂直方向の超音波の伝播特性第3章　水産庁漁研　橋本富寿　1953

$$Q=\sqrt{\frac{A_0}{A}} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

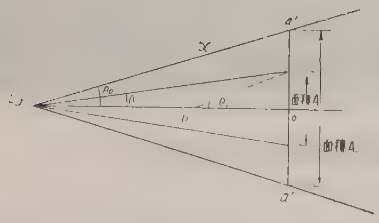
を Area factor と名付けると、$20\log_{10}Q$ は音源位置に於ける反射音圧が、有効面積 A_0 の場合に対してどれだけ減少したかを db で示したものである。

1. 第17，18，19図は音源と網地の距離が 25m で 4.（4）項で説明した如く、pulse length が 20cm の damped wave を用いて測定した結果である。この場合、第2図で、Sを送波器、SO 方向を指向性軸、O点に於ける指向性ビームの断面を a′oa′ とすれば SO=25m、oa′ を $\frac{1.5}{2}$ m、$\frac{2}{2}$ m、$\frac{4}{2}$ mと夫々変化したとき SO と Sa′ の差が何れも pulse length 20cm より小さい。直接波 P_0 と反射波 P_r の特性の傾向を一括して示せば、第3図の様になり 1. 第17，18図の測定に就て $aa'=20\log Q$ を計算してみると第1表第4欄に示す如く、第5欄の測定値とよく一致する。

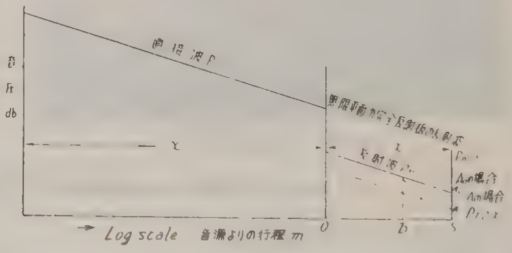
第 1 表

適用図	A_0 (m²)(1.(2), c, I)	A(m²)	$20\log\sqrt{\frac{A_0}{A}}$ (db)	実測値 (db)
第17図	10.5	1.5^2	7	7
第18図	10.5	2^2	4	4

$A<A_0$ の場合、音源から反射体迄の距離を x とし、反射体の位置に於て音波の進行方向に垂直におかれた無限完全反射板よりの反射波の音源位置に於ける音圧を P_{02x} とし、A の面積の反射体よりの反射波の、音源位置に於ける音圧を P_{r2x} とすれば、第3図の a で示す如く、P_{r2x} は完全反射波の音圧に比べて $20\log_{10}\frac{P_{02x}}{P_{r2x}}$ だけ低い。しかし反射体の近傍では a を通る球面拡散曲線より $20\log_{10}\sqrt{\frac{A_0}{A}}$ だけ強くなる。この反射音圧が強い範囲は実験結果では、第2図に於て Sa′ に平行な bb′ と So との交点を b とすれば、Ob の範囲である。



第 2 図



第 3 図

(ハ) 有効指向 θ_0 [2] と Pulse length の問題

1.（2）c. 第22図で示した如く、有効指向角が θ_0 で、音源と魚群体の距離が大きく、$x=35$m になると、反射音圧合成に寄与する面積は $\pi(x\tan\theta_0)^2$ より小さくなる。

指向性と Pulse length が反射波にどの様な関係を有するかに就て第4図を用いて考察するに、Sを送波器とし、SO_1 の方向を指向性軸の方向とし、O_1 の点に於ける指向性ビームの断面 O_1O_1' を考える。今

l : Pulse length (in sounding scale)

θ_0 : 有効指向角

とする。S点より出た波の wave front は、Sを中心とする半径 x_1 の球面であるから、指向性軸をはづ

---

[2] 無数の反射体からの反射合成に関する理論的検討、超音波委員会、実吉純一、1952

れた方向に於ける反射体は、この球面より前方へ l だけの奥行以内に存在するものゝみが反射音圧合成に寄与することになる。

今 $\overline{sa}=x_1+l$ となる方向を θ_δ とすれば

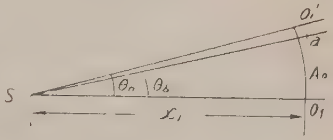
$$\cos\theta_\delta=\frac{\overline{so_1}}{\overline{sa}}=\frac{x_1}{x_1+l}\cdots\cdots(2)$$

$$\theta_\delta=\cos^{-1}\frac{x_1}{x_1+l}\cdots\cdots(2')$$

こゝで２つの Case が生ずる。

Case 1 $\theta_0<\theta_\delta$

この場合は反射音圧の合成に寄与し得る面積は常に A_0 全部で 2.（1）項に実測値が示されている通りである。



第 4 図

Case 2 $\theta_0\geqq\theta_\delta$

この Case は多くの場合、pulse length l が短く、音源と魚群の距離が大きい時生ずる。普通魚探機では 100m，200m の魚群も検知する必要がある故、この Case は重要である。第５図に示す如く、

$$\theta_\delta=\cos^{-1}\frac{x_2}{x_2+l}$$

とおけば、

$$R_2=x_2\tan\theta_\delta$$

従つて反射音圧の合成に寄与し得る面積 A_δ は第５図に於て判る如く

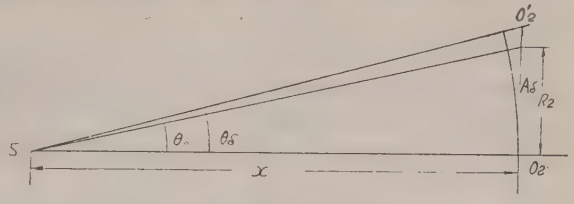
$$A_\delta=\pi R_2{}^2=\pi(x_2\tan\theta_\delta)^2\cdots\cdots(3)$$

尚 $A_0=\pi\,\overline{o_2o_2'}\fallingdotseq\pi(x_2\tan\theta_0)^2\cdots\cdots(4)$

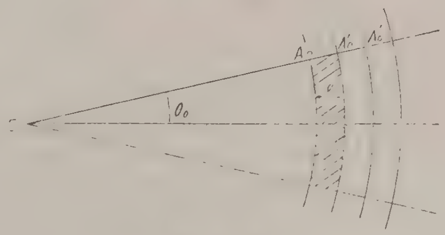
今 $M=\sqrt{\dfrac{A_0}{A_\delta}}\fallingdotseq\dfrac{\theta_0}{\theta_\delta}\cdots\cdots(5)$

と置き、Mを pulse length factor と定義する。

Case 1 $\theta_0<\theta_\delta$ の場合に、反射音圧の合成に寄与する魚群の体積に就て考える。魚群の透過損失に就て今後実験を進める積りであるが、透過損失が、大きくなれば第６図に示す A_0，A_0'，A_0''……に入射波が進むにつれて入射音圧が減少し反射波が弱くなるわけであるが、多くの実測結果を見ると、透過損失は極めて少い様に考えられる。魚群の透過損失が極めて少いと仮定すれば、反射音圧の合成に寄与する魚群の体積は略々 A_0l で示され、魚群の厚さが大きければ順次 A_0l, $A_0'l$, $A_0''l$………を考え、之らの内最も魚群密度が大きい所で反射波は強くなり、記録紙上に濃く出ることになる。



第 5 図



第 6 図

4.（2）項、（3）、（4）式で説明せる如く、魚群体の反射損失Lは次の如くなる。

$$L=20log_{10}\frac{\lambda^2 x}{\pi VK\Delta\rho\sqrt{N}}$$

$$=20log_{10}\frac{\lambda^2}{\pi VK\Delta\rho\theta_0\sqrt{\pi ln}}$$

之に Q，M を導入すると次に示す様になる。

イ）$\theta_0 > \theta_\delta$ の場合

$$L = 20\log_{10}\frac{\lambda^2}{\pi VK\Delta\rho\theta_0\sqrt{\pi l n}}Q \qquad \cdots\cdots(6)$$

Q：area factor

A：魚体の分布面積

$A_0 \fallingdotseq \pi(x\theta_0)^2$：有効面積

$A_0 \leqq A$ の時 $Q \fallingdotseq 1$

$A_0 > A$ の時 $Q = \sqrt{\frac{A_0}{A}}$

ロ）$\theta_0 > \theta_\delta$ の場合

之は pulse length によつて反射音圧合成に寄与する面積 A_δ が有効面積 A_0 より小さくなる場合であつて、反射損失は $20\log_{10}\sqrt{\frac{A_0}{A_\delta}} = 20\log_{10}\frac{\theta_0}{\theta_\delta}$ だけ増加するわけであるから次の如くなる。

$$L = 20\log_{10}\frac{\lambda^2}{\pi VK\Delta\rho\theta_0\sqrt{\pi l n}}Q + 20\log_{10}M \qquad \cdots\cdots(7)$$

$M = \frac{\theta_0}{\theta_\delta}$：pulse length factor

Q：area factor

$A_\delta \leqq A$ の時 $Q \fallingdotseq 1$

$A_\delta > A$ の時 $Q = \sqrt{\frac{A_\delta}{A}}$

魚群探知機では、λ，θ_0，l は定数であり、特定の魚群では V，K，$\Delta\rho$ が定数となるから

$$L = 20\log_{10} C\frac{1}{\sqrt{n}} \qquad \cdots\cdots(8)$$

C：定数

即ち
$$\frac{P_0}{P_r} = C\frac{1}{\sqrt{n}} \qquad \cdots\cdots(9)$$

（9）式で魚群に入射する音圧 P_0 と、それから反射する音圧 P_r を測定すれば密度が判る。之により実際に漁業の操業中に魚群密度を測定することが出来る筈である。

（2） 網地よりの反射波の性質

魚群体よりの反射を考察する場合、魚群が移動し、一定の場所に止めることが出来ない為、実験が行えない。

1.（2）項第15図、第21図より明かな如く、音源と網地を定位置に置いた場合、音源より出た音波は網地に当つて反射し音源位置に帰り、P_r を音源位置に於ける反射音圧、A を網地の占める面積とすれば

$$P_r \backsim \sqrt{A} = \sqrt{nA} = \sqrt{N} \qquad \cdots\cdots(10)$$

n は単位面積中に於ける脚と節の一体になつたものの数である。網地が有効面積 A_0 に等しいか、又は大きな拡がりがある場合は 1.（2）項第19図に示す如く、音源と網地の2倍の距離にある音像より伝播せるものと等しく、たゞ網地に当つた場合、或定まつた反射損失を生ずる為、それだけ低い値となる。

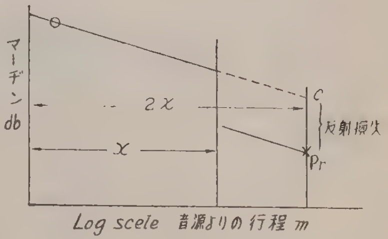
従つて魚群体よりの超音波の反射の研究では、網地を魚群体に代用し得ることを提唱するものである。但し、使用に際し、長時間水に浸してから実験を行はないと、網地の含有気泡の為，反射損失の測定値が異るおそれがあるから注意する必要がある。

6. 魚群体の反射損失とその実技的測定方法

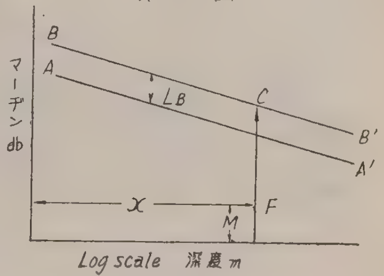
（イ）前節（1）項で述べた如く、魚群の拡がりが充分大きくなる時、即ち A＞A_0 の場合は、簡単に魚群の反射損失を測定することが出来る。第7図に示す如く、予め或距離の一点に於ける直接波の音圧 P_0 を実測しておけば、反射音圧 P_r を測定するのみで既に説明した方法に[3]より反射損失が容易に求められる。本測定方法は従来用いられている海底マーヂンと比較して求める方法に比し測定が簡単であるし短時間で測定し得る利点がある。

之を直接測定法と名付ける。

（ロ）筆者は、海底を対象とする場合の反射損失測定に関しても一つの方法を提案するものである。この方法を間接測定法と定義する。即ち、既に述べた如く、浅海例えば 10～20m の深度の極く平坦な海底々質の判つた海面で、マーヂンテスト法で反射波の音圧を測定すれば、第8図にその値を記入することが出来る。それをP点とすれば球面拡散曲線 AA′ が求められる。この上方に海底反射損失 L_B だけ離して、AA′ に平行に BB′ をひけば、海底が平坦で、反射損失がない理想平面からの反射音圧曲線が得られる。この図面を常備して置く。魚群の拡がりが十分大きい場合は、魚群の深度 x とマーヂン M を測定すれば F 点が求められる。BB′ 上のC点と、今求めたF点のマーヂン差を知れば、CF (db) が魚群の反射損失である。従来の魚群と海底のマージンを、その都度測定する方法は、手数を要するばかりでなく、海底は必ずしも平坦とは限らず、底質も変化し、4～10db の測定誤差が入るから、その注意もする必要があつて、実技的には、本方法より複雑であると考える。



第 7 図



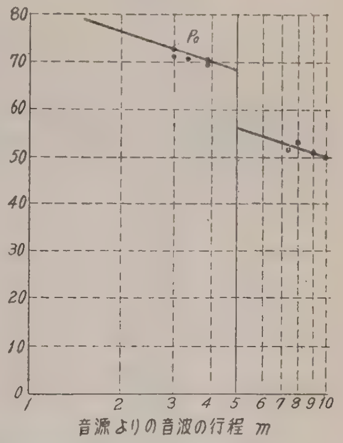
第 8 図

以上（イ），（ロ）両項に述べた方法を実際に適用して見た結果何れの方法でも測定値が殆ど一致することを認めた。以下その実験に就て述べる。

測定に用いた周波数は 24kc で、送波器は矩形で、その有効角は9.6°、及び16.2°である。極く静かな海面（浦賀港）で、Sliding Method に依つて海底の反射損失を測定した。海底深度 5m で、底質は泥である。測定結果を第9図に示す。

即ちこの海底の反射損失の実測値は 12db となり、種々の泥の海底の反射損失と一致している[4]。

（イ）の直接測定法は第9図に示す如き直接波の音圧強度曲線を用いるわけである。



第9図　海底反射損失（泥）

そこで之と同じ送受波器を水面に固定し、魚群の直上で船を停止して魚群及び海底の反射音圧を測定する。測定結果を第1表に示す。

直接測定は第10図に示す如く、第9図の直接波音圧強度曲線 P_0 か用いて基準線 CC′ を作る。深度 x の魚群の反射音圧強度を横軸の $2x$ の所に plot する。CC′ とのレベル差が魚群の反射損失である。

次に（ロ）の間接測定法に就て述べれば、第11図に示す如く海底の反射音圧強度をその測定深度の所に

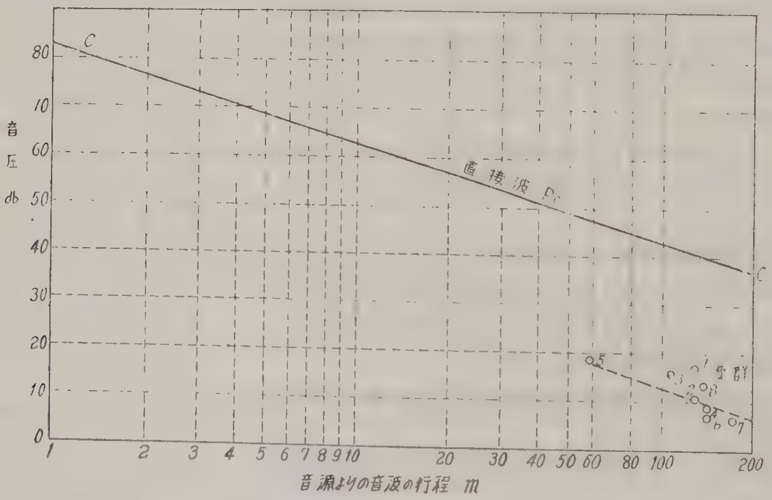
3）本報告 1.（2）項 c.

4）海面に垂直方向の超音波の伝播特性　水産庁漁研　橋本富寿　1953

plot し、砂の場合にはその反射損失 $L_B=8\text{db}$[4)]だけ、泥の場合には $L_B=12\text{db}$※ だけ上方に球面拡散曲線 CC′ をひく。魚群の反射音圧強度をその深度 x の所に plot して、CC′ とのレベル差から反射損失を知ることが出来る。

第 1 表

1	2	3	4	5	6	8	8
				直接測定		間接測定	
反射体	同深度 x(m)	反射波の音源よりの行程 $2x$(m)	反射波の音圧 (db)	直接波音圧 (db)	反射損失 (db)	無限完全反射板のときの反射波音圧(db)	反射損失 (db)
片ロイワシ 魚群No. 1	63	126	16	40	24	40	24
2	63	126	10	40	30	40	30
3	53	106	15	42	27	42	27
4	70	140	8	39	31	39	31
5	29	58	18	47	29	47	29
6	70	140	7	39	32	39	32
7	85	170	6	38	32	38	32
8	66	132	13	40	27	40	27
海底(砂)	55		33				
〃	30		39. 40				
海底(泥)	5		50				



第 10 図　魚群の反射損失（直接測定法）

同一魚群に対して行つた直接測定の第10図と間接測定の第11図に就て比較検討すれば両者共よく測定値が一致していることが判る。

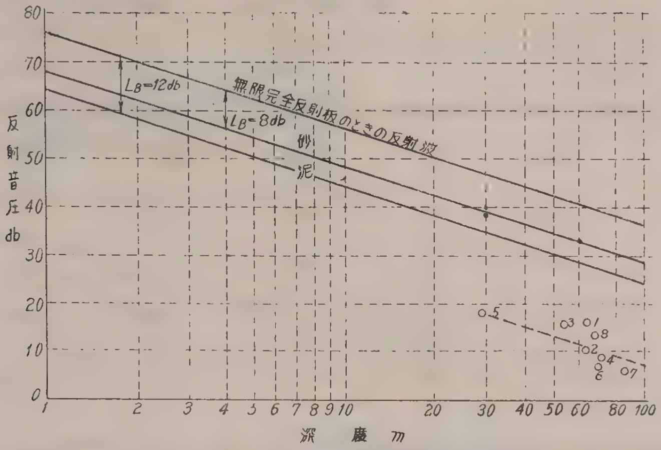
第1表、第6欄と第8欄に夫々両者の反射損失の数値を示してある。

(ハ)　魚群体の反射損失の実測値と周波数の関係

---

4)　海面に垂直方向の超音波の伝播特性　水産庁漁研　橋本富寿　1953

※　第9図で求めたもの



第 11 図　魚群の反射損失（間接測定）

この測定はイワシ魚群で行つたもので、第2表は間接測定による実測値を示し、測定海面は館山灣である。

海底の反射音圧 M_b と、魚群の反射音圧 M_f をマーヂンテスト法で求め、比較検討するに便利の為、前述（ロ）項第11図に示した無限完全反射板があつた場合の CC′ 曲線を用いて一定深度 10m にした時のマーヂンに夫々換算してその値を M_{bs}, M_{fs} とする。第2表第7欄にはその差 $M_{bs}—M_{fs}$ の値を示す。第8欄には周波数 14.5kc と 24kc に就ての反射損失（db）の差を示す。

この場合海底が砂質であつたから 8db を $M_{bs}—M_{fs}$ の値に加算すれば、イワシ魚群の反射損失となるわけである。

第 2 表

1	2	3	4	5	6	7	8
測定番号	周波数 (kc)	魚群反射音圧 M_f (db)	魚群深度 x (m)	10mの深波の海底反射音圧 M_{fs} (db)	10mの深度の海底反射音圧 M_{bs} (db)	反射音圧の差 $M_{bs}—M_{fs}$ (db)	14.2kc と 24kc の反射損失の差（第7欄の両周波数の値の差） L14.2—L24kc
1	14.2	47	13	49	77	28	+2
	24	46	14	49	75	26	
2	14.2	54	12	56	77	21	−9
	24	53	12	45	75	30	
3	14.2	55	13	58	77	19	−8
	24	44	13	48	75	27	
4	14.2	40	11	41	77	36	+5
	24	43	11	44	75	31	
5	14.2	48	13	56	77	26	−9
	24	37	13	40	75	35	
6	14.2	54	8	52	77	25	−3
	24	49	8	57	75	28	
7	14.2	56	6	52	77	25	−3
	24	50	7	47	75	28	
						平　均	−3.5db

第3表には同様に周波数 24kc と 46kc に就ての実測値を示す。

第 3 表

1	2	3	4	5	6	7	8
測定番号	周波数 (kc)	魚群反射音圧 M_f (db)	魚群深度 x (m)	10mの深度の魚群反射音圧 M_{fs} (db)	10mの深度の海底反射音圧 M_{bs} (db)	反射音圧の差 $M_{bs}-M_{fs}$ (db)	24kc と 46kc 反射損失の差（第7欄の両周波数の値の差） L24kc—L46kc
1	24	49	5	43	75	32	+6
	46	57	5	39	65	26	
2	24	55	5	49	75	26	+2
	46	47	5	41	65	24	
3	24	48	6	44	75	31	+11
	46	49	6	45	65	20	
						平　均	+6.3db

測定に使用した各周波数の磁歪振動子の輻射面積※が各々異つて居り、4.（2）項（4）式で明かな如く、魚群よりの反射波の音圧は θ_0 に比例するから、半減角を θ_1 として指向角の補正を行えば第4表の如くなる。

第 4 表

周波数	θ_1	14.2kcに対する補正値	14.2kcとの反射損失の比較	記　事
14.2kc	33°			
24kc	22°	4db	$-3.5+4=1$db	第2表より
46kc	19°	5db	$-3.5+6.3+5=8$db	第2,3表より

（註）+は反射損失の少いことを示す。パルスの長さの補正は行わない。

魚群の反射損失は、第4表第4欄より明かな如く、周波数の高い程少く、例えば 14.2kc と 46kc を比較すれば 46kc の方が反射損失が 8db 少い。

む す び

以上の研究結果を綜合して見ると次の如くなる。

1. 網地に超音波が当つた場合の反射波の性質を考えると、魚群体の平面分布せる場合に於ける反射波の性質と相似である。従つて魚群体の平面分布の場合の反射波の究明には網地を用いる方が取扱が簡便なることを指摘した。
2. 平面に分布せる N 個の魚群体の合成反射波の音圧は、魚体の相互間の間隔の如何に拘らず、$\sqrt{N}$ に比例する。
3. 送波器指向性の半減角が θ_1 である場合、$\theta_0=0.6\theta_1$ を有効指向角、$k\,(x\theta_0)^2$ を有効面積 A_0 と定義することにより、次のことが結論出来る。

即ち平面に分布せる魚群体の分布面積が有効面積 A_0 より大であれば、音源より球面拡散して伝播する超音波に依る魚群の反射波は、音源を原点とする伝播行程の球面拡散波で戻つて来る。ただ魚体より反射する場合、超音波勢力の大部分は魚体を透過するから、反射して音源の位置へ戻る超音波勢力は、魚群への入射勢力の一部分である。これを魚群の反射損失 L を以て示すと次の如くなる。

$$L=20\log_{10}\frac{\lambda^2}{\pi VK\Delta\rho\theta_0\sqrt{\pi l n}}$$

※ 漁船資料第2号 水産庁 橋本富寿 1951

この理論式で計算せる値と実測値が 1db 程度で合致する。

5. 魚群の反射損夫の実技的測定法として、直接測定、間接測定の二方式を示し、何れの方法で測定てても数値がよく合致することを実測値を示して証明した。

この様に反射損失 L を簡単に測定し得るので、魚体の反射損失 β_1 を予め測定しておけば次式により実際の魚群密度 n尾/m^3 を測定し得ることを指摘した。

$$L=\beta_1+20log_{10}\frac{x}{100}+20log_{10}\frac{1}{\sqrt{N}}$$

$$N=(x\theta_0)^2\ \pi ln$$

長さの単位を m とする。

6. 有効面積 A_0 より小さい分布面積 A の網地又は平面分布の魚群よりの反射波の、音源位置に於ける音圧はA_0 より大きい分布面積の場合に比し $20log_{10}\sqrt{\frac{A_0}{A}}$ だけ小さい。この $Q=\sqrt{\frac{A_0}{A}}$ を area factor と定義した。

7. 音源と平面分布の反射体との距離が遠くなると、pulse length が反射音圧の強度に関係し、その為、反射音圧の合成に寄与する面積が有効面積 A_0 より小さい A_δ になることを示し、反射波の音源位置に於ける音圧は $20log_{10}\sqrt{\frac{A_0}{A_\delta}}$ だけ小さくなるから、この $M=\sqrt{\frac{A_0}{A_\delta}}$ を pulse length factor と定義した。

〔附　記〕

前号までの掲載目次

漁船研究技報第1号

漁船研究技報発刊に際して……（ 1 ）
漁船研究機関設置の経緯……（ 2 ）
漁船用試作捩動力計について（推進能力研究第1報）……（ 11 ）
漁艙防熱装置の研究（第1報）……（ 31 ）
漁船機関高速軽量化実地研究試験成績……（ 56 ）
磁気羅盆に関する研究（随伴角の問題）……（ 71 ）
磁気羅針儀簡易検定装置の研究……（ 83 ）

漁船研究技報第2号

漁船研究技報第2号刊行に際して……（ 1 ）
漁船研究の事業概況……（ 2 ）
漁船用試作捩り動力計について（推進能力研究第1報）……（ 4 ）
漁艙防熱装置の研究（第2報）……（ 11 ）
二、三の船型試験成績について（水槽試験報告第1報）……（ 19 ）
和船型実験船の計画概要について（小型漁船性能改善研究第1報）……（ 30 ）
機関の微速運転とシリンダー摩耗について……（ 40 ）
磁気羅針儀羅牌の研究……（ 69 ）
磁気羅針儀実験室について……（ 33 ）
魚群探知機に関する研究（周波数に関する研究）……（ 90 ）
魚群探知機に関する研究（油の超音波特性に及ぼす影響　第1報）……（ 98 ）
魚群探知機に関する研究（整流覆の送受波器に及ぼす影響）……（ 100 ）

漁船研究技報第3号

漁船研究技報第3号刊行に際して……（ 1 ）
漁船研究室の事業概況……（ 2 ）
二型動力計による漁船試験成績について（推進能力研究第3報）……（ 1 ）
漁艙防熱装置の研究（第3報）……（ 11 ）
和洋折衷型実験船の概要について（小型漁船性能改善研究第4報）……（ 19 ）
和船型実験船「あかつき」の海上実験成績について（小型漁船性能改善研究第2報）……（ 35 ）
積層材構造の耐水木材の性能について（小型漁船性能改善研究第3報）……（ 47 ）
船型試験成績について（水槽試験成績第2報）……（ 57 ）
漁船機関シリンダー等の摩耗について（第2報）……（ 87 ）
磁気羅盆に関する研究（随伴角に関する実験）……（ 111 ）
磁気羅盆経年変化の一例……（ 131 ）
二叟曳機船底曳網漁業用魚量計について……（ 139 ）
曳航式中層遠隔水温計の試作研究……（ 159 ）
魚群探知機に関する研究……（ 177 ）

漁船研究技報第4号

漁船研究技報第4号刊行に際して……（1）
漁船研究室の事業概況……（2）
船型試験成績について（水槽試験成績第3報）……（4）
改2型動力計による「白嶺丸」の試験成績について（推進能力研究第4報）……（18）
和洋折衷型実験船「ちどり」の海上実験成績について（小型漁船性能改善研究第5報……（25）
和船型木造漁船の撓みについて（小型漁船性能改善研究第6報）……（31）
漁船機関シリンダー等の摩耗について（第3報）……（49）
磁気羅盆に関する研究（制振特性について第1報）……（83）
船用精密空盒気圧計の試作研究……（102）
二艘曳機船底曳網漁業用魚量計について（第2報）……（112）
魚群探知機に関する研究……（125）

漁船研究技報第5号

漁船研究技報第5号刊行に際して……（1）
漁船研究室の事業概況……（3）

〔研　究〕

運搬漁船の船型試験成績について（水槽試験成績第4報）……（7）
和船型木造船の撓みについて（小型漁船性能改善研究第7報）……（27）
神鷹丸の舵軸捩力率の試験について……（39）
漁船機関のシリンダー等の摩耗について（第4報）……（49）
磁気羅盆に関する研究（制振特性について第2報）……（67）
底曳網用自記式網高さ計、G.R. 展開計及びそれらの実験結果について……（73）
魚群探知機の装備に関する研究……（141）
　Ⅰ．船底突出型整流覆の形状に関する研究……（141）
　Ⅱ．船底気泡層に関する研究……（149）
魚群探知機の記録像より見た海底地形の忠実性について……（155）
D.S.L. の超音波伝播特性に及ぼす影響に関する研究……（167）
魚群探知機によるコンブ群落の探知に関する研究……（187）

Appendix: Contents of the Preceding Reports

Technical Report of Fishing Boat No. 1 1950

Upon publication of "Technical Report of Fishing Boat" ……(1)
Establishment of Fishing Boat Studying Organ ……(2)
Torsion Meter for Fishing Boat ……(1)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 1) ……(31)
Study to Make Fishing Boat Engine High Speed and Light Weight ……(56)
Study on Magnetic Bowl (Report No. 1) ……(71)
Study on Simplified Method of Observation of Magnetic Moment of Compass ……(83)

Technical Report of Fishing Boat No. 2 1951

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 2 ……(1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ……(2)
Trial Products of Torsion Meter for Fishing Boat (Study in Propulsion Efficiency Report No. 2) ……(4)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 2) ……(11)
Experiments of Model Ships (Tank Test Report No. 1) ……(19)
Outline of Plan of Japanese Type Test Boat (Study of Improvement of Small Fishing Boat Report No. 1) ……(30)
Minimum Slow-Running of Engine and Wearing of Cylinders ……(40)
Study on Magnetic Compass Card (Report No. 1) ……(69)
On Magnetic Compass Laboratory ……(83)
Study on School Finder ……(90)
Study on School Finder (Influence of Oil on the Characteristics of Supersonic Wave, Report No. 1) ……(98)
Study on School Finder (The Effect of Vibrator Cover) ……(100)

Technical Report of Fishing Boat No. 3 1952

Upon Publication of Technical Report of Fishing Boat" No. 3 ……(1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ……(2)
Experimental Results on Actual Ships by No. 2 Type Torsionmeter (Study in Propulsion Efficiency, Report No. 3) ……(1)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 3) ……(11)
On the Outline of an Experimental Boat Compromising Japanese and Foreign Type ……(19)
On the Trial Performances of the Japanese Type Experimental Boat "Akatsuki" ……(35)
On the Characteristics of Water Proof Laminated Wood ……(47)

Experimental Results of Ship Forms……(57)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engines (Report No. 2)……(87)
Study on Magnetic Compass Bowl (Experiments on Waked Angle)……(111)
An Example of Durability of Magnetic Compass Bowl……(131)
Catch Gauge for Two Boat Trawler……(139)
Experiments on Manufacturing of Remote Control Towing Thermometer for Mid Water……(159)
Study on School Finder……(177)

Technical Report of Fishing Boat No. 4 1953

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 4……(1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory……(2)
Experimental Results of Ship Forms (Tank Test Results, Report No. 3)……(4)
Experimental Results of the Actual Ship's Trial by the Improved No, 2 Type Torsion Meter (Study in Propulsion Efficiency Report No. 4)……(18)
Trial Results of the Compromised Japanese and Foreign Type Experimental Boat "Chidori"……(25)
Deflection of Japanese Type Wooden Fishing Boat……(31)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engines (Report No. 3)……(49)
Study on Magnetic Compass Bowl (Damping character of Compass Card)……(83)
Marine Aneroid Barometer……(102)
Catch Gauge for Two Boat Trawler……(112)
Study on Fish Finder……(125)
  I Trial Products of Fishing Boat Laboratory-Type Small Fish Finder……(125)
  II Characteristics of Ultrasonic Transducer in Mounting Tank……(130)
  III Sounding by Fish Finder……(134)
  IV Sounding of Artificial Schools, Rocksand, Sea Plants Fields by Fish-Finder……(138)

Technical Report of Fishing Boat No. 5 1954

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 5……(2)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory……(5)

[Studies]

Tank Test Results of Fish Carrier (Tank Test Results, Report No. 4)……(7)
Deflection of Japanese Type Wooden Fishing Boat (Research on the Improvement of the Characteristics of Small Fishing Boat)……(27)
Rudder Torque Measurements of the Trawler "Shin-yo-maru"……(39)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engine……(49)
Study on Magnetic Compass Bowl……(67)
Automatic Net-Height Meter and Auotmatic Ground Rope Indicator for Two-Boat Trawler and Results of Experiment for These Apparatuses……(73)

Mounting of Transducer of the Echo-Sounder ······(141)
  I Study on the Form of Projected Streamlined Cover ······(141)
  II The Bubble Layer under the Ship Bottom ······(149)
Reliability of Record of Shape for Sloped Sea Bottom Obtained by Ultrasonic Echo-Sounder ······(155)
Influence of D.S.L. on the Characteristics of Ultrasonic Wave Propagation······(167)
Study on Detection of the Japanese Tang Field by the Ultrasonic Echo-Sounder···(187)

昭和30年3月25日印刷
昭和30年3月31日発行

漁船研究技報

発行所　東京都千代田区
水産庁生産部漁船研究室
編輯者　大津義徳

印刷所　東京都中央区新富町三ノ六
日本応用印刷株式会社
印刷者　田中忠雄